Hein-Christian Müller

DIE PROBLEMATIK EINER WIRTSCHAFTLICHEN UND MEDIZINISCH AUSREICHENDEN ARZNEIMITTELVERSORGUNG IM KRANKENHAUS

Eine Analyse von Möglichkeiten zur Senkung der Kosten der Arzneimittelversorgung

1977

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41547208_0039

DIE PROBLEMATIK EINER WIRTSCHAFTLICHEN UND MEDIZINISCH AUSREICHENDEN ARZNEIMITTELVERSORGUNG IM KRANKENHAUS

Eine Analyse von Möglichkeiten zur Senkung der Kosten der Arzneimittelversorgung

Inauguraldissertation
zur Erlangung des akademischen Grades
eines Doktors der Wirtschaftswissenschaft
durch den Fachbereich Wirtschafts- und Sozialwissenschaften
der Westfälischen Wilhelms-Universität zu Münster

vorgelegt von Diplom-Mathematiker
Hein-Christian Müller
aus Greven (Westf.)

1977

Erster Berichterstatter:	Prof. Dr. D. Adam
Zweiter Berichterstatter:	Prof. Dr. W. von Zwehl
Dekan:	Prof. Dr. H. Meffert
Tag der mündlichen Prüfung:	19. Januar 1977

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Inhaltsverzeichnis

Seite

0. Ziel und Aufbau der Untersuchung 1

1. Grundlagen für eine praxisorientierte Analyse der Arzneimittelversorgung im Krankenhaus 4

11. Definition und Abgrenzung wichtiger Begriffe 4

12. Der physische Ablauf der Arzneimittelversorgung 6

13. Die Ableitung von Zielen für die Arzneimittelversorgung aus den generellen Zielen des Krankenhauses 7

131. Skizzierung der Ziele des Krankenhauses 8

132. Die Ableitung einer Zielvorstellung für die Arzneimittelversorgung 9

1321. Die Struktur der Zielvorstellung 9

1322. Die Gewährleistung eines befriedigenden Versorgungsniveaus als Teilziel der Arzneimittelversorgung 10

1323. Die Kostenminimierung als Teilziel der Arzneimittelversorgung 15

14. Entscheidungsmöglichkeiten bei der Arzneimittelversorgung im Krankenhaus 18

2. Die sukzessive Planung der Arzneimittelversorgung im Krankenhaus 22

21. Die wichtigsten Merkmale der Arzneimittelversorgung im Krankenhaus 22

22. Die Interdependenzen zwischen den kurzfristigen Entscheidungen und der Entwicklung der Merkmale 24

23. Die Grenzen der simultanen Planung 28

24. Die Ausgliederung der Medikamenteneinsatzplanung unter Berücksichtigung von Interdependenzen zur Lagerhaltung 30

3. Die Analyse der Beschaffung und Lagerhaltung der Präparate 33

31. Strukturelle Gegebenenheiten der Beschaffung und Lagerhaltung von Präparaten 33

311. Die Grundstruktur des Lagerhaltungssystems 33

312. Die Struktur des Bedarfs an Präparaten 34

313. Das Verhalten bei der Bestellung von Präparaten und bei Verknappungen 38

314. Die durch die Beschaffung und Lagerhaltung von Präparaten verursachten Kosten 40

3141. Die Bestellkosten als Teil der Beschaffungskosten 41

3142. Die Lagerhaltungskosten 48

3143. Die Fehlmengenkosten 49

3144. Die Kosten der Arzneimittelausgabe und die Kosten der Datenerfassung und Datenverarbeitung 51

Seite

315. Interdependenzen bei der Lagerhaltung mehrerer Präparate 54

32. Die isolierte Ableitung eines Bestellverhaltens für einzelne Präparate 57

321. Allgemeine Überlegungen zum Vorgehen bei der Ableitung eines Bestellverhaltens 57

322. Die gemeinsame Struktur der verwendeten Modelle 58

323. Die Vorgehensweise 1 65

3231. Die Struktur der Bestellpolitik 65

3232. Die Ableitung der Bestellmenge 68

3233. Die Ableitung der Meldemenge 74

3234. Beispiele für die Anwendung der Vorgehensweise 79

324. Die Vorgehensweise 2 85

3241. Darstellung der Vorgehensweise 85

3242. Berechnung von Beispielen zur Vorgehensweise 2 91

325. Ein Vergleich der Effektivität der beiden Vorgehensweisen mit Hilfe von Beispielen 94

326. Die Vorgehensweise 3 99

3261. Die Abbildung der Belegung des Krankenhauses in einem Modell 100

3262. Die Erzeugung des Bedarfs in Abhängigkeit von der relevanten Belegung 103

3263. Die Ableitung eines optimalen Bestellverhaltens 108

3264. Die Möglichkeiten für eine Anwendung der Vorgehensweise: Berechnung eines Beispiels 112

33. Die ABC-Analyse: Simultane Planung des Bestellverhaltens für die C-Präparate 117

34. Die simultane Analyse der Lagerhaltung mehrerer Präparate durch eine Simulation der Arzneimittelversorgung 122

341. Die Simulation als Hilfsmittel bei einer betriebswirtschaftlichen Analyse realer Zusammenhänge 123

342. Die Möglichkeiten einer Simulation der Arzneimittelversorgung 125

343. Das grundsätzliche Vorgehen bei der Simulation der Arzneimittelversorgung 127

344. Die Simulationsmodelle 129

3441. Die Daten der Simulationsmodelle 131

3442. Der Input der Simulationsmodelle 135

3443. Die Abbildung der relevanten Belegung 137

3444. Die Erzeugung des Bedarfs an Präparaten 140

Seite

3445. Die Deckung des Bedarfs an Präparaten durch die Apotheke 146

3446. Die Aufgabe von Bestellungen, die Lieferung von Präparaten und die Berechnung von Kostengrößen 148

345. Beschreibung des Simulationsprogramms 151

3451. Der Aufbau und die Funktionsweise des Simulationsprogramms 151

3452. Die Ableitung von Bestellparametern durch das Simulationsprogramm 154

3453. Bemerkungen zur Ein- und Ausgabe des Simulationsprogramms 157

346. Diskussion von Simulationsergebnissen 158

3461. Die Datensituation 158

3462. Analyse der Kosten und der Verknappungshäufigkeit mit Hilfe von Simulationsergebnissen 166

3463. Die Auswirkungen eines Präparatersatzes und eines speziellen Bestellverhaltens 170

347. Der wirtschaftliche Einsatz der Simulation als Planungshilfe 174

4. Die Medikamenteneinsatzplanung 177

41. Inhalt, Ziel und Bedeutung der Medikamenteneinsatzplanung 177

42. Der Einfluß der Medikamenteneinsatzplanung auf die Kosten der Arzneimittelversorgung 179

421. Der Einfluß der Medikamenteneinsatzplanung auf den Medikamentenumsatz 180

422. Der Einfluß der Medikamenteneinsatzplanung auf die Gesamtkosten der Vorratshaltung durch eine Sortimentsreduzierung 182

4221. Die Bedeutung der Kombinationspräparate für den Sortimentsumfang 183

4222. Möglichkeiten zur Sortimentsreduzierung bei der Medikamenteneinsatzplanung 186

4223. Die Auswirkungen einer Sortimentsreduzierung auf die Gesamtkosten der Vorratshaltung 188

43. Schlußfolgerungen aus den Untersuchungsergebnissen: Das Verhalten in einem Konfliktfall 195

44. Probleme bei der Durchführung der Medikamenteneinsatzplanung 199

441. Eine Ist-Aufnahme: Die Medikamenteneinsatzplanung in den deutschen Krankenhäusern 199

442. Erfahrungen mit den Auswirkungen der Medikamenteneinsatzplanung 201

443. Probleme im Zusammenhang mit der Arzneimittelplanung durch die Arzneimittelkommission 204

Seite

444. Probleme im Zusammenhang mit der Präparatplanung 207

445. Die laufende Kontrolle und Korrektur des Medikamenteneinsatzplans 209

5. Zusammenfassung: Anregungen für die Planung der Arzneimittelversorgung im Krankenhaus 212

Anhang I: Die Berechnung der durchschnittlichen Periodenkosten in den Modellen zu den Vorgehensweisen 1 und 2 und eine kommentierte Liste des Computerprogramms KOS 216

Anhang II: Die Ergebnisse weiterer Simulationsläufe und eine kommentierte Liste des Simulationsprogramms 226

Anhang III: Kommentierte Listen der Computerprogramme POL und NVE 244

Anhang IV: Verzeichnis wichtiger Begriffe 251

Symbolverzeichnis 253

Abbildungsverzeichnis 257

Tabellenverzeichnis 258

Literaturverzeichnis 259

0. Ziel und Aufbau der Untersuchung

Wegen der stark steigenden Kosten der Krankenversorgung nimmt die Bedeutung einer Rationalisierung des Betriebsablaufes im Krankenhaus zu[1]. Obwohl die Betriebswirtschaftslehre hierbei Hilfestellung leisten könnte, steht die Verwertung betriebswirtschaftlicher Erkenntnisse im Krankenhaus noch am Anfang ihrer Entwicklung. Sie ist in den meisten Bereichen der Wirtschaft viel weiter fortgeschritten. Ein Grund hierfür liegt in der besonderen Art der Leistungserstellung im Krankenhaus: Da die bei der Behandlung von Patienten im Vordergrund stehenden medizinischen Leistungen meistens nur schwer schematisierbar und quantifizierbar sind, ist eine Anwendung betriebswirtschaftlicher Methoden häufig sehr schwierig. Diese Schwierigkeiten dürfen jedoch nicht zu einer Vernachlässigung wirtschaftlicher Zusammenhänge im Krankenhaus führen, sondern es ist nach Möglichkeiten zu suchen, die eine angemessene Berücksichtigung sowohl medizinischer als auch wirtschaftlicher Erfordernisse erlauben. Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, derartige Möglichkeiten für die Arzneimittelversorgung im Krankenhaus aufzuzeigen.

Während in den letzten Jahren einige Untersuchungen über allgemeine wirtschaftliche Probleme in Krankenhäusern angestellt worden sind[2], liegen bisher kaum Veröffentlichungen vor, in denen spezielle Teilbereiche des Krankenhausbetriebes wie z.B. die Arzneimittelversorgung systematisch unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten analysiert werden[3]. Eine genaue Analyse

---

1 Dieser Tatbestand wird z.B. durch die Entwicklung der Ausgaben der gesetzlichen Krankenversicherungen für die Krankenhauspflege unterstrichen. Diese Ausgaben sind von 4,954 Milliarden DM im Jahre 1969 auf 9,362 Milliarden DM im Jahre 1972 gestiegen. Vgl. Statistisches Jahrbuch 1974, S. 380, 381 und Statistisches Jahrbuch 1975, S. 383.

2 Vgl. z.B. D. Adam (1972), J. Baumgarten (1972), N. Frömming (1973), K.P. Kress (1968).

3 In verschiedenen Aufsätzen werden wirtschaftliche Fragen der Arzneimittelversorgung behandelt. Wegen ihrer Kürze beschränken sich die Veröffentlichungen jedoch i.d.R. auf Teilbereiche der Arzneimittelversorgung und verzichten auf eine eingehende Untersuchung der Probleme. Vgl. E.H. Abel (1972), P. Behrens (1973), M. Gebhardt (1973), H. Ihbe (1970), W.J.H. Leckie, H. Clansey (1968), P. Lübcke, H.N. Herden (1975), J.E. Moon (1969), F. Pukal (1973), P.J.S. Tyrrell, D.M. Davies, E.S. Frazer, R.A. Lidgate, A. Lawther, F.K. Johnson (1970), W. Völksen (1969), H.J. Wirzbach (1968). Vgl. ferner W. Adam (1973), S. 115-118.

der wirtschaftlichen Probleme im Bereich der Arzneimittelversorgung ist offensichtlich dringend erforderlich, da in den letzten Jahren in vielen Krankenhäusern die Ausgaben für den Einkauf von Arzneimitteln stark gestiegen sind[1]. Gegenwärtig liegen sie in den meisten Krankenhäusern bei 5-10 DM pro Pflegetag[2].

Die Arbeit konzentriert sich auf jene Bereiche der Arzneimittelversorgung, über die allgemeine, auf viele Krankenhäuser übertragbare Aussagen abgeleitet werden können. Dies gilt vor allem für die Lagerhaltung und den Verbrauch der Arzneimittel. Auf eine nähere Untersuchung der Wirtschaftlichkeit der Eigenherstellung von Arzneimitteln in der Krankenhausapotheke wird verzichtet. Ein Praktiker, der mit den Problemen in Krankenhausapotheken vertraut ist, wird dies als Mangel empfinden. Da aber Untersuchungen der Wirtschaftlichkeit der Eigenherstellung für jedes Arzneimittel getrennt durchgeführt werden müssen und ferner die individuellen räumlichen und personellen Gegebenheiten einer Apotheke bei der Analyse zu berücksichtigen sind, können allgemein verwertbare Ergebnisse für diesen Problemkreis nur schwer abgeleitet werden[3].

Die Untersuchung ist in 4 Abschnitte gegliedert. Im Abschnitt 1. werden die Grundlagen für eine praxisorientierte Analyse der Arzneimittelversorgung im Krankenhaus erarbeitet. Hierzu gehört neben der genauen Festlegung wichtiger Begriffe eine kurze Skizzierung des Ablaufs der Arzneimittelversorgung. Ferner werden aus den generellen Krankenhauszielen spezielle Ziele für die Arzneimittelversorgung abgeleitet und es wird untersucht, durch welche Entscheidungen ein Einfluß auf das Zielerreichungsniveau der Arzneimittelversorgung ausgeübt werden kann.

Im Abschnitt 2. werden die Zusammenhänge zwischen einzelnen Entscheidungen im Rahmen der Arzneimittelversorgung analysiert. Es wird sich zeigen, daß

---

1 Vgl. zur Entwicklung der Ausgaben für den Einkauf von Arzneimitteln in Krankenhäusern E.H. Abel (1972), S. 39 ff., F. Pukal (1973), S. 88, W. Völksen (1969), S. 1127.

2 Vgl. hierzu P. Lübcke, H.N. Herden (1975), S. 983. Für große Krankenhäuser mit mehr als 1000 Betten ergeben sich jährliche Ausgaben für den Einkauf von Arzneimitteln in einer Größenordnung von einigen Millionen DM. Für die Höhe dieser Ausgaben ist neben der Größe eines Krankenhauses auch die Anzahl und Art der Fachabteilungen von Bedeutung.

3 Vgl. auch H.J. Wirzbach (1968), S. 320. Hinweise zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit der Eigenherstellung, die sich im Laufe der Untersuchung ergeben, werden im Abschnitt 5. zusammengefaßt.

es sinnvoll ist, Entscheidungen im Zusammenhang mit den therapeutischen Einsatz von Arzneimitteln bei den Patienten - wie z.B. Entscheidungen über Maßnahmen zur Beschränkung des Einsatzes teurer Arzneimittel oder Entscheidungen über die Art der in der Apotheke geführten Arzneimittel - und Entscheidungen im Bereich der Lagerhaltung zeitlich nacheinander zu planen. Obwohl realiter zunächst die Einsatzplanung erfolgen muß, erweist es sich bei der theoretischen Behandlung als vorteilhaft, die Analyse der Lagerhaltung vorzuziehen, da die bei der Untersuchung der Lagerhaltung abgeleiteten Ergebnisse als Grundlage für die Einsatzplanung dienen können.

Abschnitt 3. behandelt die Probleme der Lagerhaltung im Rahmen der Arzneimittelversorgung. Die Betriebswirtschaftslehre ist bei der theoretischen Analyse von Lagerhaltungsmodellen weit fortgeschritten, doch werden praktische Probleme häufig vernachlässigt. Aus der Zielsetzung dieser Arbeit ergibt sich, daß die Lagerhaltungsprobleme besonders im Hinblick auf ihre praktische Bedeutung analysiert werden. Es wird u.a. gezeigt, wie durch eine Simulation der Arzneimittelversorgung die Konsequenzen eines Bestellverhaltens unter realistischen Prämissen bestimmt werden können.

Die für eine wirtschaftliche Arzneimittelversorgung sehr wichtigen Probleme bei der Planung der Entscheidungen, die im Zusammenhang mit dem therapeutischen Einsatz von Arzneimitteln zu treffen sind, werden im Abschnitt 4. untersucht. Da in diesem Bereich medizinische Faktoren häufig im Vordergrund stehen, ist eine über das deskriptive hinausgehende Behandlung der Probleme außerordentlich schwierig. Hier wird u.a. untersucht, welchen Einfluß die Planung des therapeutischen Einsatzes von Arzneimitteln auf die Kosten der Arzneimittelversorgung hat und durch welche organisatorischen Maßnahmen eine verstärkte Berücksichtigung wirtschaftlicher Gesichtspunkte bei der Anwendung von Arzneimitteln erreicht werden kann.

1. Grundlagen für eine praxisorientierte Analyse der Arzneimittelversorgung im Krankenhaus

11. Definition und Abgrenzung wichtiger Begriffe

In den zitierten Veröffentlichungen zur Arzneimittelversorgung wird keine einheitliche Terminologie bei der Darstellung wirtschaftlicher Probleme verwendet[1]. Für die weitere Untersuchung ist deshalb eine differenzierte, zum Teil vom üblichen Sprachgebrauch abweichende Festlegung einiger Begriffe notwendig, die zur eindeutigen Beschreibung der Zusammenhänge gebraucht werden.

Nach dem Arzneimittelgesetz werden unter Arzneimitteln Stoffe verstanden, die dazu bestimmt sind,

"1. die Beschaffenheit, den Zustand oder die Funktionen des Körpers oder seelische Zustände erkennen zu lassen oder zu beeinflussen,

2. vom menschlichen oder tierischen Körper erzeugte Wirkstoffe oder Körperflüssigkeiten zu ersetzen oder

3. Krankheitserreger, Parasiten oder körperfremde Stoffe zu beseitigen oder unschädlich zu machen"[2].

Im Sinne dieser Definition sind im weiteren, wenn von "Arzneimitteln" oder kurz von "Mitteln" gesprochen wird, die Stoffe oder die chemischen Substanzen gemeint, die zur Behandlung der Patienten eingesetzt werden. Dabei spielt keine Rolle, von welchem Hersteller und unter welchem Namen ein Arzneimittel bezogen wird, d.h. es können verschiedene Hersteller das gleiche Mittel anbieten. Dagegen bezeichnet der Begriff "Präparat" das Produkt eines Herstellers, das unter einem bestimmten Namen im Handel ist. Im Sinne dieser Nomenklatur gibt es verschiedene Präparate, die das gleiche Arzneimittel enthalten. Mit Vitamin-C-Präparaten sind z.B. die Produkte der verschiedenen Hersteller gemeint, die als Hauptsubstanz Vitamin C enthalten. Ein Präparat, das verschiedene Arzneimittel enthält, wird auch "Kombinationspräparat" genannt. Dagegen enthält ein "Einzelpräparat" nur ein Arzneimittel.

---

1 Ein Beispiel hierfür sind die in verschiedenen Veröffentlichungen in gleicher oder ähnlicher Bedeutung verwendeten Begriffe "Arzneimittelkosten", "Medikamentenverbrauch", "Medikamentenkosten", "Gesamtumsatz" und "Apothekenaufwand". Vgl. E.H. Abel (1972), M. Gebhardt (1973), P. Lübcke, H.N. Herden (1975), W. Völksen (1969).

2 Gesetz über den Verkehr mit Arzneimitteln (Arzneimittelgesetz) vom 16. Mai 1961, § 1.

Der beschriebene inhaltliche Unterschied der Begriffe Arzneimittel und Präparat ist für die weitere Untersuchung von grundlegender Bedeutung. Je nachdem, welcher Gesichtspunkt bei der Betrachtung im Vordergrund steht, kann z.B. von der Lagerhaltung der Arzneimittel oder der Präparate gesprochen werden. Für einen Mediziner ist es interessant, ob ein bestimmtes Arzneimittel vorrätig ist, das er zur Behandlung eines Patienten einsetzen will, d.h. ihn interessiert hauptsächlich die Lagerhaltung der Arzneimittel. Für einen Apotheker sind dagegen die Lagerbestände der Präparate wichtig, da er die Präparate bei den Herstellern nachbestellen muß. Für einen Apotheker steht folglich häufig die Lagerhaltung der Präparate im Vordergrund.

Der Begriff "Medikament" wird in dieser Arbeit sowohl im Sinne von "Arzneimittel" als auch im Sinne von "Präparat" gebraucht. Eine Verwendung des Begriffs Medikament ist vorteilhaft, wenn eine Festlegung auf den engeren Sinn der Begriffe Arzneimittel und Präparat nicht notwendig ist oder mit Absicht unterbleiben soll. Beispielsweise gehört zur Medikamenteneinsatzplanung, die im Abschnitt 4. untersucht wird, sowohl die Arzneimittelplanung als auch die Präparatplanung.

Wenn im weiteren vom "Verbrauch eines Präparats" bzw. vom "Verbrauch eines Arzneimittels" gesprochen wird, ist damit der mengenmäßige Verbrauch des Präparats bzw. des Mittels gemeint. Wenn z.B. der jährliche Verbrauch an Präparaten in einem Krankenhaus beschrieben werden soll, ist dies nicht durch eine Zahl möglich, sondern es muß für jedes einzelne Präparat die Höhe des mengenmäßigen Verbrauchs angegeben werden. Der mit dem Einstandspreis bewertete Verbrauch eines Präparats wird "Umsatz des Präparats" oder "Präparatumsatz" genannt. Die Summe der Umsätze aller Präparate in einer Krankenhausapotheke wird als "Medikamentenumsatz" bezeichnet. Im Gegensatz zum Arzneimittelverbrauch, Präparatverbrauch oder Präparatumsatz kann der jährliche Medikamentenumsatz eines Krankenhauses durch eine Zahl beschrieben werden. Der Medikamentenumsatz eines Krankenhauses ist für die weitere Untersuchung von erheblicher Bedeutung, da er einen großen Anteil an den Kosten der Arzneimittelversorgung hat[1].

---

1 Vgl. zu den Kosten der Arzneimittelversorgung Abschnitt 1323.

12. Der physische Ablauf der Arzneimittelversorgung

Die zur Versorgung der Patienten im Krankenhaus benötigten Arzneimittel werden in der Krankenhausapotheke[1] hergestellt oder als Präparate auf dem Arzneimittelmarkt eingekauft[2]. Zuständig für den Einkauf von Präparaten ist der Leiter der Krankenhausapotheke. Die Präparate können

a) direkt vom Hersteller,

b) von einem Grossisten oder

c) von einer anderen Apotheke

bezogen werden. Am billigsten ist normalerweise der direkte Einkauf beim Hersteller. In manchen Fällen - z.B. für kleine oder dringende Bestellungen - können auch die unter b) und c) genannten Beschaffungsmöglichkeiten vorteilhaft sein.

Die Präparate werden von den Herstellern in verschiedenen Verpackungsgrößen angeboten. Die Krankenhausapotheken beziehen i.d.R. Klinikpackungen, die große Mengen eines Präparates enthalten und preislich wesentlich günstiger als andere Verpackungsgrößen sind.

Wenn Präparate von verschiedenen Herstellern bezogen werden, können die Lieferfristen zwischen wenigen Stunden und einer Woche schwanken. Die Lieferfrist einer Firma hängt davon ab, wie weit das nächstgelegene Auslieferungslager der Firma vom Krankenhaus entfernt ist. Im Notfall können fehlende Präparate von anderen Apotheken oder von einem nahegelegenen Grossisten sehr schnell beschafft werden.

Nach der Skizzierung der Beschaffung von Arzneimitteln soll im folgenden der in Abb. 1 dargestellte Arzneimittelfluß in einem Krankenhaus kurz beschrieben werden.

---

1 Bei der weiteren Untersuchung wird von einem Krankenhaus mit eigener Apotheke ausgegangen. Vgl. zu den gesetzlichen Voraussetzungen, die eine Krankenhausapotheke erfüllen muß, das Gesetz über das Apothekenwesen vom 20. August 1960, die Apothekenbetriebsordnung vom 7. Aug. 1968, ferner H. Ibbe (1970), S. 128. Einen Überblick über die Gesetze zur Arzneimittelversorgung gibt F. Empen, O. Haase, H. Winter (1974), S. 15, 16. Viele Überlegungen dieser Arbeit sind auch übertragbar auf Krankenhäuser ohne eigene Apotheke.

2 Vgl. zum Angebot des Arzneimittelmarkts Die Liste Pharmindex I/74.

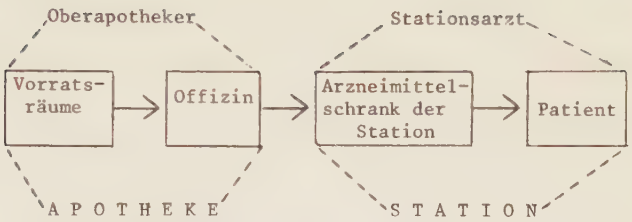


Abb. 1: Der Arzneimittelfluß im Krankenhaus

Die Apotheke ist die Stelle in einem Krankenhaus, an der sich hauptsächlich die Lagerung und Verteilung der Arzneimittel vollzieht[1]. Eine Krankenhausapotheke besteht aus Funktionsräumen, Vorratsräumen und Nebenräumen[2]. Sie ist personell besetzt mit einem oder mehreren Apothekern, weiteren ausgebildeten Kräften - z.B. Drogisten und pharmazeutisch-technischen Assistenten - und Helfern. Die Arzneimittel werden zunächst von den Vorratsräumen an den Ausgaberaum geliefert. Der Ausgaberaum wird auch Offizin genannt. Die auf den Stationen benötigten Mittel werden i.d.R. während der offiziellen Arzneimittelausgaben, die mehrmals wöchentlich, in vielen Krankenhäusern auch täglich stattfinden, von der Apotheke abgegeben. Bis zur Behandlung der Patienten lagern die Mittel in den Arzneimittelschränken der Stationen. Die Arzneimittelschränke werden von einem Stationsarzt oder einer Stationsschwester verwaltet.

13. Die Ableitung von Zielen für die Arzneimittelversorgung aus den generellen Zielen des Krankenhauses

Als Voraussetzung für eine effektive Planung und Organisation müssen die mit der Arzneimittelversorgung im Krankenhaus zu verfolgenden Ziele untersucht werden. Da die Arzneimittelversorgung ein Teil der gesamten Versorgung der Patienten im Krankenhaus ist, wird im folgenden zunächst kurz auf

1 Vgl. zur Organisation einer Krankenhausapotheke auch Hesmert (1970).

2 Zur Größe und Bedeutung der Räume einer Krankenhausapotheke vgl. die Empfehlungen der DKG zur Arzneimittelversorgung in Krankenhäusern vom 20. Juni 1968. Vgl. ferner die Apothekenbetriebsordnung vom 7. Aug. 1968, § 3, (2).

die Ziele des Krankenhauses eingegangen[1]. Anschließend wird gezeigt, wie aus den generellen Krankenhauszielen eine Zielvorstellung für die Arzneimittelversorgung abgeleitet werden kann.

131. Skizzierung der Ziele des Krankenhauses

Die Krankenhausziele sind bereits von verschiedenen Autoren untersucht worden[2], da sie eine große Bedeutung für den Entscheidungsprozeß im Krankenhaus haben. Die folgenden Ausführungen beschränken sich auf die für die weitere Untersuchung wichtigsten Fragen. Zu detaillierten Untersuchungen über Krankenhausziele wird auf die zitierten Veröffentlichungen verwiesen.

Die Hauptrolle bei der Zielbildung[3] im Krankenhaus fällt dem Staate zu[4], der als Krankenhausträger[5] und durch Investitionshilfen und andere Subventionen[6] an der Finanzierung und dem Unterhalt der meisten Krankenhäuser erheblich beteiligt ist. Nach dem Krankenhausfinanzierungsgesetz verfolgt der Staat das Ziel, eine bedarfsgerechte Versorgung der Bevölkerung mit leistungsfähigen Krankenhäusern zu sozial tragbaren Pflegesätzen zu gewährleisten[7].

Die zweite Gruppe, die auf die Zielbildung Einfluß nimmt, bilden die am Entscheidungsprozeß im Krankenhaus beteiligten Organisationsteilnehmer. Hier stehen sich die Verwaltungsleiter, die auf die Wirtschaftlichkeit der Versorgung der Patienten achten, und die Ärzte, bei denen medizinische Ge-

---

1 Vgl. zur Bedeutung und Problematik der Zielsetzung in der Unternehmenstheorie z.B. J. Bidlingmaier (1968), S. 17-41, E. Heinen (1966), S. 17 ff. Zum besonderen Charakter der Ziele öffentlicher Betriebe, zu denen auch die Krankenhäuser gehören, vgl. K. Oettle (1966), D. Schneider (1966), S. 261 ff.

2 Vgl. D. Adam (1972), S. 33-52, S. Eichhorn (1970), derselbe (1973), S. 14-35, N. Frömming (1973), S. 72-111, K.P. Kress (1968), S. 199-205.

3 Zum Ablauf des Zielbildungsprozesses im Krankenhaus vgl. auch S. Eichhorn (1973), S. 19 ff.

4 Es ist in diesem Zusammenhang nicht wesentlich, ob der Staat durch eine Kommune, ein Land oder den Bund vertreten wird.

5 Vgl. zur Trägerschaft eines Krankenhauses S. Eichhorn (1974), S. 15,16, K.P. Kress (1968), S. 61. Bei der Beschreibung der Ziele wird im weiteren von staatlichen Krankenhäusern ausgegangen. Die freigemeinnützigen Krankenhäuser verfolgen jedoch i.d.R. ähnliche Ziele.

6 Vgl. das Gesetz zur wirtschaftlichen Sicherung der Krankenhäuser und zur Regelung der Krankenhauspflegesätze - KHG - vom 29.6.1972, 2. Abschnitt.

7 Vgl. ebenda, § 1. Vgl. ferner die Verordnung zur Regelung der Krankenhauspflegesätze (Bundespflegesatzverordnung - BPflV) vom 25.4.1973.

sichtspunkte im Vordergrund stehen, gegenüber. Der daraus resultierende Konflikt zwischen medizinischen und wirtschaftlichen Zielen beherrscht den Betriebsablauf im Krankenhaus. Insbesondere ist er auch für Teilbereiche des Krankenhausbetriebes wie z.B. die Arzneimittelversorgung von grundlegender Bedeutung. Die staatlichen Ziele sind im Krankenhausfinanzierungsgesetz so vage formuliert, daß sie zu einer sachlichen Lösung des Konflikts zwischen wirtschaftlichen und medizinischen Zielen in einzelnen Krankenhäusern kaum beitragen können. Das Fehlen einer widerspruchsfreien, eindeutigen Zielsetzung erschwert in den meisten Krankenhäusern eine effektive Planung und Organisation des Betriebsablaufes erheblich[1]. Es ist deshalb eine Aufgabe des Staates, durch eine genauere Formulierung seiner Ziele die Möglichkeiten für die Aufstellung widerspruchsfreier Zielsysteme in einzelnen Krankenhäusern zu verbessern. Das bedeutet konkret, daß durch eine politische Entscheidung detailliert festgelegt werden muß, was unter einer bedarfsgerechten Versorgung der Bevölkerung mit leistungsfähigen Krankenhäusern zu verstehen ist und welche Pflegesätze noch als sozial tragbar bezeichnet werden können.

Wichtig für die weitere Untersuchung ist die Feststellung, daß die Krankenhausziele grundsätzlich eine wirtschaftliche und eine medizinische Komponente enthalten: Da eine bedarfsgerechte Versorgung der Bevölkerung angestrebt wird, ist ein ausreichendes Niveau der medizinischen Versorgung im Krankenhaus sicherzustellen. Andererseits muß darauf geachtet werden, daß die Kosten der Krankenversorgung nicht zu untragbaren Pflegesätzen führen.

132. Die Ableitung einer Zielvorstellung für die Arzneimittelversorgung

1321. Die Struktur der Zielvorstellung

Da die Arzneimittelversorgung ein Teil der gesamten Versorgung der Patienten im Krankenhaus ist, muß sie so durchgeführt werden, daß sie einen möglichst großen Beitrag zum Erreichen der übergeordneten Krankenhausziele leistet. Wenn ein Apotheker Entscheidungen treffen muß, ist es für ihn jedoch schwierig, den Beitrag abzuschätzen, der durch die Konsequenzen möglicher Entscheidungen zum Erreichen der Ziele des ganzen Krankenhauses

1 Vgl. zu den Auswirkungen einer ungenauen Formulierung der Krankenhausziele D. Adam (1972), S. 35 ff.

geleistet wird. Ein sinnvolles Vorgehen in dieser Situation besteht darin, aus dem übergeordneten Zielsystem des Krankenhauses für den Teilbereich der Arzneimittelversorgung Unterziele abzuleiten[1], die die Entscheidungsfindung in diesem Bereich erleichtern können.

Eine mögliche Zielvorstellung für die Arzneimittelversorgung hat die Form "Kostenminimierung unter Gewährleistung eines befriedigenden Niveaus der Arzneimittelversorgung". Diese Zielvorstellung steht im Einklang mit den übergeordneten Krankenhauszielen. Denn durch die Zielkomponente "Gewährleistung eines befriedigenden Versorgungsniveaus" wird eine bedarfsgerechte medikamentöse Versorgung der Patienten im Krankenhaus angestrebt. Die Komponente "Kostenminimierung" trägt zu einer Begrenzung der Kosten der Krankenhauspflege bei.

Die beiden Zielkomponenten werden in den folgenden Abschnitten näher untersucht. Es wird insbesondere darauf eingegangen, wie ein befriedigendes Niveau der Arzneimittelversorgung festgelegt werden kann. Ferner wird kurz erläutert, wie bei unvollkommener Information eine Entscheidungsfindung mit Hilfe der gegebenen Zielsetzung möglich ist.

1322. Die Gewährleistung eines befriedigenden Versorgungsniveaus als Teilziel der Arzneimittelversorgung

Zunächst soll untersucht werden, welche Faktoren einen Einfluß auf das Niveau der Arzneimittelversorgung ausüben. Es gibt verschiedene Gründe, die zu einer Beeinträchtigung der Arzneimittelversorgung im Krankenhaus führen können:

1) Ein Arzt kennt nicht alle Mittel, die der Arzneimittelmarkt anbietet[2]. Zur Behandlung der Patienten wird er i.d.R. nur Mittel einsetzen, die

---

1 Eine derartige Organisation der Betriebsführung wird auch als "management by objectives" bezeichnet. Vgl. z.B. J. Bidlingmaier (1968), S. 32. E. Heinen (1972), S. 393.

2 Das Angebot des Arzneimittelmarkts in der BRD ist äußerst umfangreich und unübersichtlich. Die Anzahl der angebotenen verschiedenen Präparate ist größer als 20 000. Vgl. F. Pukal (1973), S. 85, W. Völksen (1969), S. 1125. Vgl. auch Abschnitt 4221.

ihm geläufig sind[1]. Möglicherweise sind jedoch andere Mittel, die der Arzt nicht kennt, zur Behandlung besser geeignet.

2) Es werden nicht alle Arzneimittel, die der Markt anbietet, auch in der Apotheke geführt[2]. Diese Tatsache beschränkt i.d.R. die Anzahl der in einem Krankenhaus eingesetzten Mittel, da meistens nur die in der Apotheke geführten Arzneimittel bei der Behandlung der Patienten verwendet werden[3].

3) Wenn ein in der Apotheke geführtes Arzneimittel gerade nicht vorrätig ist, wird es möglicherweise durch ein anderes, weniger geeignetes Mittel ersetzt oder es wird auf eine medikamentöse Behandlung verzichtet[4].

4) Bei leichter Erkrankung eines Patienten wird aus Kostengründen u.U. auf den Einsatz teurer Arzneimittel verzichtet, auch wenn diese Mittel zur Behandlung eines Patienten besonders geeignet sind.

Obwohl der Punkt 1) von großer Bedeutung ist, wird der Einfluß, den die Qualifikation der Ärzte auf das Niveau der Arzneimittelversorgung ausübt, hier nicht weiter untersucht, sondern als Konstante betrachtet, da er nicht in den Themenkreis dieser Arbeit paßt[5]. Einen Überblick über die für die weitere Untersuchung wichtigen Faktoren, die einen Einfluß auf das Niveau der Arzneimittelversorgung ausüben, gibt Abb. 2.

---

1 Dies trifft vor allem zu, wenn ein Patient nur leicht erkrankt ist und die Entscheidung über therapeutische Maßnahmen zur Routineentscheidung wird. In schwerwiegenden Fällen kann sich der Arzt über die Wirkung spezieller Arzneimittel vorher informieren.

2 Zu den in der Apotheke geführten Arzneimitteln werden alle Mittel gerechnet, die normalerweise in der Apotheke vorrätig sind. Vorübergehend können auch in der Apotheke geführte Arzneimittel nicht vorrätig sein.

3 Dies ist der Normalfall. Wenn aus medizinischen Gründen die Anwendung von Arzneimitteln, die in der Apotheke nicht geführt werden, unumgänglich ist, werden diese bei anderen Apotheken, bei einem Grossisten oder direkt beim Hersteller besorgt.

4 Die Situation ist hier ähnlich wie in Anmerkung 3. In schwerwiegenden Fällen werden fehlende Arzneimittel schnell beschafft.

5 Es ist einleuchtend, daß die Qualifikation der Ärzte von entscheidender Bedeutung für das Niveau der Arzneimittelversorgung ist. Eine gute Ausstattung der Apotheke nützt nichts, wenn die falschen Mittel eingesetzt werden.

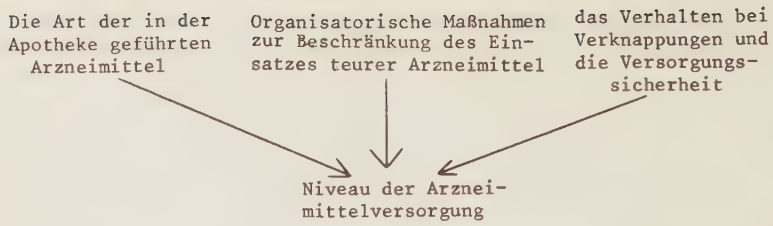


Abb. 2: Wichtige Komponenten des Niveaus der Arzneimittelversorgung

Wenn eine Zielvorstellung der im letzten Abschnitt beschriebenen Form auf die Arzneimittelversorgung im Krankenhaus angewendet werden soll, muß vorher festgelegt werden, was unter einem befriedigenden Versorgungsniveau verstanden wird. Es stellt sich hier das Problem, ob und wie ein befriedigendes Niveau der Arzneimittelversorgung charakterisiert werden kann. Im folgenden sollen unter diesem Gesichtspunkt die in Abb. 2 dargestellten Komponenten des Versorgungsniveaus näher untersucht werden.

Der Einfluß, der durch die Art der in der Apotheke geführten Arzneimittel und durch Kriterien für den Einsatz teurer Mittel auf das Niveau der Arzneimittelversorgung ausgeübt wird, ist kaum quantifizierbar. Es soll deshalb untersucht werden, ob ein befriedigendes Versorgungsniveau in diesem Bereich überhaupt durch allgemeine Bedingungen charakterisiert werden kann. Eine naheliegende Möglichkeit besteht z.B. darin, als Maßstab für das Versorgungsniveau die Anzahl der verschiedenen Arzneimittel zu verwenden, die für bestimmte Anwendungsbereiche in der Krankenhausapotheke geführt werden. Das folgende Beispiel verdeutlicht jedoch, daß mit Hilfe dieses Maßstabes ein befriedigendes Versorgungsniveau i.d.R. nicht ausreichend charakterisiert werden kann.

Beispiel:

Die Ärzte eines Krankenhauses sind der Ansicht, daß fünf verschiedene Schmerzmittel, die wahlweise eingesetzt werden können, i.a. für eine zufriedenstellende Versorgung der Patienten mit Schmerzmitteln ausreichen. Es wird deshalb verlangt, daß wenigstens fünf verschiedene Schmerzmittel in der Krankenhausapotheke geführt werden und damit zur Behandlung der Patienten zur Verfügung stehen. Diese Bedingung ist zur Sicherstellung einer befriedigenden Schmerzmittelversorgung aus folgenden Gründen nicht brauchbar; Verschiedene Schmerzmittel unterscheiden sich i.a. hinsichtlich ihrer Wirkung, ihrer Nebenwirkungen und ihrer Verträglichkeit. Es ist deshalb denk-

bar, daß fünf geeignete Mittel M1, M2,...,M5 zur Versorgung der Patienten mit Schmerzmitteln ausreichen, während mit Hilfe der 10 Schmerzmittel M6, M7,...,M15 ein befriedigendes Versorgungsniveau im Bereich der Schmerzmittel nicht realisiert werden kann, weil die Mittel M6, M7,...,M15 z.B. für Leberkranke unverträglich sind oder bei sehr starken Schmerzen nicht genügend wirken.

Das Beispiel zeigt, daß eine allgemeine Charakterisierung des Niveaus der Arzneimittelversorgung mit erheblichen Schwierigkeiten verbunden ist. Insbesondere ist die Anzahl der in verschiedenen Bereichen zur Verfügung stehenden Arzneimittel kein geeignetes Kriterium für das Versorgungsniveau. Aufgrund der dargestellten Schwierigkeiten erscheint es kaum möglich, allgemein festzulegen, unter welchen Bedingungen die in der Krankenhausapotheke geführten Arzneimittel und die Maßnahmen, die zur Beschränkung des Einsatzes teurer Mittel getroffen werden, eine zufriedenstellende Versorgung der Patienten erlauben.

Eine denkbare Lösung dieses Problems besteht darin, daß die Entscheidung, was unter einer befriedigenden Arzneimittelversorgung verstanden wird, und die Mittelentscheidung, welche Arzneimittel in der Apotheke geführt werden sollen und welche organisatorischen Maßnahmen zur Beschränkung des Einsatzes teurer Mittel vorgesehen sind, in einem Entscheidungsprozeß simultan getroffen werden. Zur Erklärung der Vorgehensweise sei zunächst der Unterschied zwischen Ziel- und Mittelentscheidungen verdeutlicht[1].

Wenn z.B. eine Zielentscheidung ein bestimmtes Niveau bei der Versorgung der Patienten mit Schmerzmitteln festlegt, kann i.d.R. durch verschiedene Arzneimittel eine im Sinne der Zielentscheidung ausreichende Versorgung der Patienten mit Schmerzmitteln sichergestellt werden, d.h. es können verschiedene Mittelentscheidungen zur Erfüllung der Anforderungen an das Niveau der Versorgung mit Schmerzmitteln führen. Wegen der Schwierigkeiten bei der allgemeinen Charakterisierung eines befriedigenden Versorgungsniveaus ist eine derartige sukzessive Entscheidungsfindung in diesem Bereich der Arzneimittelversorgung jedoch kaum operational. Vielmehr muß bei der Entscheidung über die in der Apotheke geführten Arzneimittel und über Kriterien für den Einsatz teurer Mittel (Mittelentscheidung) gleichzeitig die Frage behandelt werden, ob das aufgrund der Mittelentscheidung realisierbare Versorgungsniveau ausreicht oder nicht (Zielentscheidung).

---

1 Zur Bedeutung der Ziel- und Mittelentscheidung vgl. z.B. E. Heinen (1972), S. 338, 339.

An dieser Stelle genügt die Feststellung, daß es durch die skizzierte simultane Entscheidungsfindung grundsätzlich möglich ist, ein befriedigendes Versorgungsniveau bezüglich der beiden betrachteten Komponenten sicherzustellen. Die Durchführung des Entscheidungsprozesses wird später im Rahmen der Medikamenteneinsatzplanung untersucht[1].

Die Sicherstellung eines befriedigenden Niveaus der Arzneimittelversorgung bezüglich der dritten in Abbildung 2 dargestellten Komponente ist von Bedeutung für die Lagerhaltung der Präparate. Da der Bedarf an Arzneimitteln, der durch Präparate gedeckt wird, nicht sicher vorhergesagt werden kann und Lieferfristen beim Bezug der Präparate auftreten, kann es vorkommen, daß ein Präparat, das in der Apotheke angefordert wird, gerade nicht vorrätig ist. In diesem Fall wird von einer Verknappung des Präparats gesprochen. Grundsätzlich sind folgende Reaktionen auf eine Verknappung eines Präparats möglich:

a) Das Präparat wird - z.B. von einer anderen Apotheke - schnell beschafft.

b) Das Präparat wird durch ein anderes ersetzt.

c) Die Behandlung mit dem Präparat wird aufgeschoben, bis das Präparat nach einer normalen Bestellung wieder vorrätig ist.

d) Auf eine Behandlung mit dem Präparat wird ersatzlos verzichtet.

Zur Sicherstellung einer befriedigenden Arzneimittelversorgung muß zunächst in Abhängigkeit von der Bedeutung der Präparate und der Schwere der Erkrankung der Patienten ein angemessenes Verhalten bei der Verknappung eines Präparats festgelegt werden. Wenn z.B. Infusionslösungen zur Behandlung eines Schwerverletzten gebraucht werden und nicht vorrätig sind, müssen diese i.a. schnell beschafft werden. Wenn dagegen ein bestimmtes Schlafmittel fehlt, kann häufig ein anderes Schlafmittel verwendet oder auf die Abgabe eines Schlafmittels an einen Patienten verzichtet werden.

Wenn das Verhalten bei Verknappungen in Abhängigkeit von der Bedeutung der Präparate und der Schwere der Erkrankunkung der Patienten festgelegt worden

---

1 Vgl. Abschnitt 4.

ist[1], muß geprüft werden, bei welchen Präparaten eine Verknappung zu einer Beeinträchtigung der Arzneimittelversorgung führt. Wenn z.B. ein fehlendes Präparat schnell beschafft wird oder ein medizinisch gleichwertiges Ersatzpräparat zur Verfügung steht, hat eine Verknappung keinen Einfluß auf das Versorgungsniveau. Wird dagegen wegen einer Verknappung auf die Behandlung mit einem Präparat ersatzlos verzichtet oder ein weniger geeignetes Ersatzpräparat verwendet, ist damit i.a. eine Verschlechterung der Arzneimittelversorgung verbunden. Für die Präparate, bei denen eine Verknappung zu einer Beeinträchtigung der Arzneimittelversorgung führt, müssen Mindestanforderungen an die Versorgungssicherheit[2] festgelegt werden[3]. Bei der Aufgabe der Bestellungen ist darauf zu achten, daß die Anforderungen an die Versorgungssicherheit erfüllt werden[4], da andernfalls kein zufriedenstellendes Niveau der Arzneimittelversorgung realisiert wird.

1323. Die Kostenminimierung als Teilziel der Arzneimittelversorgung

Die Komponente "Kostenminimierung" in der Zielvorstellung für die Arzneimittelversorgung besagt, daß die Versorgung der Patienten mit Arzneimitteln unter Gewährleistung eines befriedigenden Versorgungsniveaus kostenminimal zu gestalten ist. Im folgenden wird zunächst die Frage behandelt, welche Kosten im Zusammenhang mit der Arzneimittelversorgung im Krankenhaus auftreten. Es schließt sich eine kurze Untersuchung der Problematik der Zielkomponente Kostenminimierung an.

---

1 Theoretisch muß bei der Festlegung des Verhaltens bei Verknappungen auch berücksichtigt werden, mit welchen Kosten ein bestimmtes Verhalten verbunden ist. Es wird sich jedoch später zeigen, daß bei einer sinnvollen Planung des Bestellverhaltens nur selten Verknappungen eintreten. Da die durch Verknappungen verursachten Kosten deshalb relativ gering sind, stehen bei der Festlegung des Verhaltens bei Verknappungen die medizinischen Fragen eindeutig im Vordergrund. Vgl. auch Abschnitt 444.

2 In der Literatur zur Lagerhaltung werden an Stelle des Begriffs "Versorgungssicherheit" häufig die Begriffe "Lieferbereitschaft" oder "Servicegrad" verwendet. Vgl. z.B. W. Busse von Colbe (1972), S. 266, W.R. Trux (1968), S. 226. Der Begriff Versorgungssicherheit wird hier vorgezogen, da im Krankenhaus die Versorgung der Patienten und nicht die Belieferung von Kunden im Vordergrund steht. Die Versorgungssicherheit ist ein operational quantifizierbarer Teilaspekt des Versorgungsniveaus, da sie z.B. anhand der durchschnittlichen Verknappungshäufigkeit gemessen werden kann.

3 Für die übrigen Präparate bewirkt die Zielkomponente "Kostenminimierung" bei optimaler Planung des Bestellverhaltens ohne weitere Bedingung i.a. eine große Versorgungssicherheit, da eine Verknappung in der Regel mit zusätzlichen Kosten verbunden ist.

4 Vgl. zur Berücksichtigung von Mindestanforderungen an die Versorgungssicherheit bei der Ableitung des Bestellverhaltens Abschnitt 3233.

In der Betriebswirtschaftslehre werden Kosten i.d.R. als "leistungsbedingter, bewerteter Güterverzehr" definiert[1]. Eine Aufgliederung der Kosten der Arzneimittelversorgung nach der Art des verursachten Güterverzehrs zeigt Abb. 3.

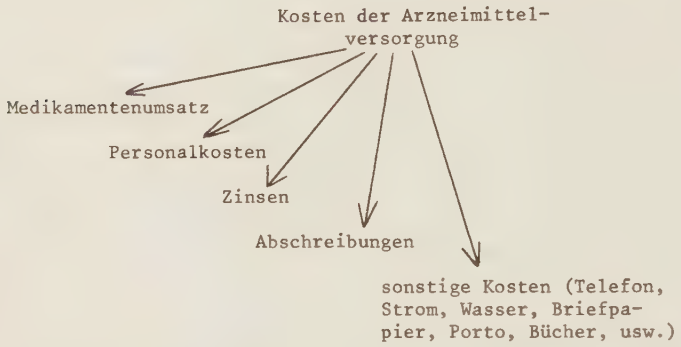


Abb. 3: Aufgliederung der Kosten der Arzneimittelversorgung

Zur Verdeutlichung werden im folgenden die in Abb. 3. dargestellten Kostenarten kurz erläutert. Der Medikamentenumsatz repräsentiert die durch den Verbrauch von Arzneimitteln direkt verursachten Kosten[2]. Seine Höhe ist von entscheidender Bedeutung für die Höhe der Kosten der Arzneimittelversorgung.

Zu den Personalkosten der Arzneimittelversorgung werden die Löhne und Gehälter und die Sozialkosten des in der Apotheke beschäftigten Personals gerechnet. Dagegen wird der Personaleinsatz, der bei der Abgabe von Medikamenten an die Patienten durch Ärzte oder Krankenschwestern notwendig ist, im weiteren vernachlässigt, da die Abgabe von Medikamenten an die Patienten nur schwer von der medizinischen und pflegerischen Behandlung der Patienten zu trennen ist[3].

---

1 Vgl. z.B. E. Heinen (1968), S. 108. Zum Gebrauch und zur Problematik des Kostenbegriffs in der Betriebswirtschaftslehre vgl. D. Adam (1970), S. 18-55, H. Koch (1966), S. 9-62.

2 Vgl. hierzu die Definition des Medikamentenumsatzes im Abschnitt 11.

3 Die Bedeutung dieser Kosten ist nicht unerheblich. Z.B. dürfen intravenöse Spritzen nur in der Gegenwart eines approbierten Arztes verabreicht werden. Die Verabreichung einer intravenösen Spritze kann sehr langwierig sein.

Zur Finanzierung der Räume und Geräte der Krankenhausapotheke und zur Finanzierung des Lagerbestandes muß Kapital bereitgestellt werden. Für das gebundene Kapital sind Zinsen anzusetzen, die auch als Kapitalbindungskosten bezeichnet werden können[1]. Demgegenüber geben die Abschreibungen die durch die Abnutzung der Räume und der Einrichtung der Krankenhausapotheke verursachten Kosten wieder.

Die Bedeutung der sonstigen Kosten ist in Relation zu den bisher beschriebenen Kostenarten der Arzneimittelversorgung i.a. gering. Eventuell werden durch die Arzneimittelversorgung auch Computerkosten verursacht, wenn die Datenerfassung und Datenverarbeitung in der Krankenhausapotheke mit Hilfe eines Computers erfolgt. Im Augenblick ist die Anwendung der elektronischen Datenverarbeitung im Krankenhaus noch nicht weit verbreitet[2].

Die Problematik der Zielkomponente Kostenminimierung bei der Planung der Arzneimittelversorgung unter Verwendung einer Zielsetzung der beschriebenen Form ergibt sich aus der Tatsache, daß der Arzneimittelverbrauch und damit der Medikamentenumsatz nicht sicher vorhergesagt werden können. Folglich ist bei der Planung der Arzneimittelversorgung nicht sicher bekannt, zu welchen Kosten die Realisierung einer möglichen Entscheidungsalternative führt. Das bedeutet konkret, daß sich bei einer Entscheidung in Abhängigkeit von dem tatsächlich eintretenden - nicht sicher prognostizierbaren - Medikamentenumsatz unterschiedlich hohe Kosten ergeben können. Aus diesem Grunde wird unter Kostenminimierung im weiteren die Minimierung des Erwartungswertes der Kosten der Arzneimittelversorgung verstanden[3]. Der Erwartungswert der Kosten ist als Kriterium zur Beurteilung von Entscheidungsalternativen nicht unumstritten, da er i.a. nicht mit den Kosten übereinstimmt, die bei der Realisierung einer Entscheidungsalternative wirklich entstehen, sondern die durchschnittlichen oder die "erwarteten" Kosten angibt, die bei einer häufigen Wiederholung der gleichen Entscheidung unter gleichen Bedingungen auftreten[4]. Be-

1 In der Kostenrechnung werden Kapitalbindungskosten durch den Ansatz kalkulatorischer Zinsen i.a. auch dann berücksichtigt, wenn Eigenkapital oder zinslose Kredite des Staates zur Finanzierung verwendet werden und die Kapitalbindung damit zu keinem Aufwand führt. Vgl. zu diesem Vorgehen und zu seiner Begründung z.B. B. Rieper, J. Waldmann (1975), S. 97, 98.

2 Vgl. zu diesem Thema auch W. Adam (1973), S. 76-80.

3 Das Problem, wie der Erwartungswert der Kosten der Arzneimittelversorgung berechnet werden kann, wird im Abschnitt 3. behandelt. Vgl. insbesondere Abschnitt 34. Zur formalen Darstellung einer Zielsetzung auf der Basis des Erwartungswertes in Modellen vgl. G. Menges (1974), S. 168.

4 Vgl. zu diesem Problemkreis auch E. Heinen (1966), S. 167 ff.

sonders bei wichtigen einzelnen Entscheidungen müssen deshalb neben den Erwartungswert der Kosten gleichrangig Risikoüberlegungen zur Beurteilung von Entscheidungsalternativen treten. Da bei der Arzneimittelversorgung im Krankenhaus - und hier besonders im Bereich der Lagerhaltung der Präparate - häufig Entscheidungen unter ähnlichen Bedingungen getroffen werden, ist es naheliegend und sinnvoll, allein den Erwartungswert der Kosten zur Beurteilung einer Entscheidungsalternative heranzuziehen.

14. Entscheidungsmöglichkeiten bei der Arzneimittelversorgung im Krankenhaus

Bei einer Analyse der Möglichkeiten für eine im Sinne der beschriebenen Zielvorstellung vorteilhafte Durchführung der Arzneimittelversorgung im Krankenhaus muß primär untersucht werden, durch welche Entscheidungen die Krankenhausleitung, der leitende Apotheker oder die Ärzte Einfluß auf das Zielerreichungsniveau der Arzneimittelversorgung nehmen können.

Allgemein können langfristige bzw. strategische und kurzfristige bzw. taktische Entscheidungen unterschieden werden[1]. Zu den im Rahmen der Arzneimittelversorgung im Krankenhaus zu treffenden strategischen Entscheidungen gehören u.a. Entscheidungen über die räumliche Ausstattung der Apotheke und über die Anschaffung teurer Geräte z.B. zur Eigenherstellung steriler Lösungen und schließlich die grundsätzliche Entscheidung, ob das Krankenhaus eine eigene Apotheke einrichten soll oder nicht. Die meisten strategischen Entscheidungen werden bereits bei der Planung eines neuen Krankenhauses getroffen. Das Ergebnis steht während des normalen Betriebsablaufs nicht zur Diskussion. In dieser Arbeit werden die im Rahmen der Arzneimittelversorgung im Krankenhaus zu treffenden strategischen Entscheidungen nicht weiter untersucht. Es wird vielmehr davon ausgegangen, daß der Entscheidungsprozeß im Bereich der langfristigen Entscheidungen durchgeführt worden ist und die Ergebnisse - wie z.B. die räumliche Ausstattung der Apotheke - als Daten betrachtet werden können.

Im wesentlichen sind es zwei Bereiche der Arzneimittelversorgung, in denen kurzfristige Entscheidungen getroffen werden müssen und zwar

---

1 Vgl. auch E. Heinen (1972), S. 341.

a) der Bereich des Einsatzes von Medikamenten und

b) der Bereich der Beschaffung und Lagerhaltung von Präparaten.

Im Bereich des Medikamenteneinsatzes[1] sind u.a. die folgenden Entscheidungen zu treffen:

a1) Entscheidungen über Anforderungen an das Niveau der Arzneimittelversorgung,

a2) Entscheidungen über die Art der in der Apotheke geführten Arzneimittel,

a3) Entscheidungen über organisatorische Maßnahmen zur Beschränkung des Einsatzes teurer Arzneimittel und über weitere allgemeine Maßnahmen zum wirtschaftlichen Einsatz von Arzneimitteln,

a4) Entscheidungen der Ärzte über die medikamentöse Behandlung der einzelnen Patienten,

a5) Entscheidungen über die Präparate, durch die der Arzneimittelbedarf gedeckt werden soll.

Die Punkte a1) - a3) gehören zum Komplex der Ziel- und Mittelentscheidungen, die nach den Ausführungen des letzten Abschnitts simultan behandelt werden müssen. I.a. ist eine Zielentscheidung eher strategischer als taktischer Natur. Hier wird die im Rahmen der Arzneimittelversorgung zu treffende Zielentscheidung a1 als taktische Entscheidung gesehen, da wegen neu auf den Markt kommender Präparate eine laufende Anpassung des Versorgungsniveaus notwendig ist. Das bedeutet, daß auch kurzfristig eine Zielentscheidung revidiert werden muß, wenn z.B. durch ein neu entwickeltes Präparat eine Verbesserung der Arzneimittelversorgung für möglich und sinnvoll gehalten wird.

Eine Sonderstellung haben im Bereich des Medikamenteneinsatzes die Entscheidungen der Ärzte über die medikamentöse Behandlung der Patienten. Da bei der Behandlung die individuellen medizinischen Aspekte jedes Einzelfalls berücksichtigt werden müssen, sind diese Entscheidungen einer genauen direkten Planung nicht zugänglich. Bei der Planung des Medikamenteneinsatzes wird deshalb indirekt durch die Entscheidungen a1) - a3) ein Rahmen festgelegt, innerhalb dessen die Ärzte über den Einsatz von Arzneimitteln in Abhängigkeit von der Krankheit der Patienten entscheiden. Dieses Vorgehen wird im Abschnitt 4. näher untersucht.

---

1 Der Begriff "Medikament" wird hier in seiner umfassenden, im Abschnitt 11. festgelegten Bedeutung gebraucht, d.h. es wird sowohl der Inhalt des Begriffs "Arzneimittel" als auch der Inhalt des Begriffs "Präparat" angesprochen.

Schließlich gehören in den Bereich des Medikamenteneinsatzes die Entscheidungen, durch welche Präparate ein Arzneimittelbedarf gedeckt wird, d.h. von welchen Herstellern die Arzneimittel bezogen werden.

Für die weitere Untersuchung sind nur Entscheidungen relevant, durch die ein Einfluß auf das Zielerreichungsniveau der Arzneimittelversorgung ausgeübt werden kann. Bei einer Betrachtung der Entscheidungen a1) - a5) unter diesem Gesichtspunkt wird deutlich, daß sowohl das Niveau der Arzneimittelversorgung als auch der Medikamentenumsatz und damit die Kosten der Arzneimittelversorgung direkt von diesen Entscheidungen abhängen. Folglich kann schon jetzt festgestellt werden, daß der Entscheidungsbereich des Medikamenteneinsatzes für die Arzneimittelversorgung im Krankenhaus von zentraler Bedeutung ist.

Da der Bereich der Beschaffung und Lagerhaltung im weiteren unter betriebswirtschaftlichen Gesichtspunkten untersucht werden soll, wird in diesem Zusammenhang genauer von Präparaten und nicht von Arzneimitteln gesprochen. Denn bei einer betriebswirtschaftlichen Betrachtung steht das Präparat als ein Produkt, das von einer bestimmten Firma bezogen wird, im Vordergrund. Entscheidungen, die im Bereich der Beschaffung und Lagerhaltung der Präparate getroffen werden müssen, betreffen u.a.

b1) den Zeitpunkt der Bestellung von Präparaten,

b2) den mengenmäßigen Umfang der Bestellung von Präparaten,

b3) die Auswahl der Stelle, bei der ein Präparat bestellt wird (z.B. beim Hersteller, bei einem Grossisten oder bei einer anderen Apotheke),

b4) die Art, wie ein Präparat bestellt wird (z.B. telefonisch, per Post oder bei einem Vertreter).

Von besonderer Bedeutung für die weitere Untersuchung sind die Bestellentscheidungen b1) und b2), da bei der Durchführung der Arzneimittelversorgung im Krankenhaus laufend Bestellungen aufgegeben werden müssen. Im Vergleich zu den Bestellentscheidungen sind die Entscheidungen b3) und b4) in vielen Krankenhäusern längerfristiger Natur, da die Präparate i.d.R. über einen längeren Zeitraum von denselben Stellen bezogen werden und häufig auch die Art der Bestellung generell geregelt ist[1,2]. In diesem Fall müssen die von

1 Es ist trotzdem gerechtfertigt und sinnvoll, die Entscheidung b3 und b4 den kurzfristigen Entscheidungen zuzurechnen, da sie grundsätzlich kurzfristig problemlos revidiert werden können.

2 Viele Krankenhäuser bestellen z.B. bestimmte oder alle Präparate i.d.R. bei Firmenvertretern.

den Entscheidungen b3 und/oder b4 abhängigen Lieferfristen, Einstandspreise und möglichen Bestellzeitpunkte[1] als Daten bei der Planung der Bestellentscheidungen berücksichtigt werden.

Die Entscheidungen im Bereich der Beschaffung und Lagerhaltung der Präparate haben einen Einfluß auf die Kosten der Arzneimittelversorgung und zwar im einzelnen auf den Medikamentenumsatz, da der Preis der Präparate von der Wahl der Bezugsstelle abhängen kann, auf die durch die Lagerbestände der Präparate verursachten Kapitalbindungskosten und eventuell auf die Personalkosten, da der zur Verwaltung der Apotheke notwendige Arbeitseinsatz insbesondere von den Bestellentscheidungen abhängt. Schließlich steht die realisierte Versorgungssicherheit in engem Zusammenhang mit den Entscheidungen b1) - b4).

Bisher wurde nur grundsätzlich festgestellt, welche Entscheidungen einen Einfluß auf das Zielerreichungsniveau der Arzneimittelversorgung ausüben und damit eine Bedeutung für die weitere Untersuchung haben. Es stellt sich im folgenden die Aufgabe, diesen Einfluß genauer zu untersuchen und Methoden zur Planung der beschriebenen Entscheidungsbereiche zu entwickeln.

---

1 Wenn z.B. Präparate generell bei Vertretern bestellt werden, kommen als Bestellzeitpunkte nur die Vertreterbesuche in Frage.

2. Die sukzessive Planung der Arzneimittelversorgung im Krankenhaus

Für eine Entwicklung von Ansätzen zur Planung der Arzneimittelversorgung im Krankenhaus ist es notwendig, die Zusammenhänge zwischen verschiedenen Entscheidungen, die bei der Durchführung der Arzneimittelversorgung getroffen werden müssen, zu analysieren. Die im Zeitablauf zu treffenden Entscheidungen stehen in Beziehung zu der Entwicklung wichtiger Merkmale der Arzneimittelversorgung. Beispielsweise beeinflußt die Entscheidung, durch welche Präparate der Arzneimittelbedarf gedeckt wird, die Entwicklung der Höhe des Bedarfs und der Lagerbestände der Präparate. Von der Entwicklung dieser Merkmale der Arzneimittelversorgung hängen wiederum die Bestellentscheidungen des Apothekers ab.

Da die Entscheidungsmöglichkeiten bei der Arzneimittelversorgung im Krankenhaus bereits im Abschnitt 14. beschrieben worden sind, werden im folgenden zunächst die wichtigsten Merkmale der Arzneimittelversorgung in knapper Form dargestellt. Anschließend können die Beziehungen zwischen verschiedenen Entscheidungen und der Entwicklung dieser Merkmale untersucht und Ansätze zur Planung der Arzneimittelversorgung abgeleitet werden. Die folgenden Darstellungen sind gleichzeitig eine Grundlage für die Formulierung komplexer Modelle der Arzneimittelversorgung[1].

21. Die wichtigsten Merkmale der Arzneimittelversorgung im Krankenhaus

Vorweg seien die Merkmale der Arzneimittelversorgung im Krankenhaus erwähnt, deren Zustand durch strategische Entscheidungen festgelegt wird und sich im Zeitablauf i.a. nicht verändert. Zu diesen Merkmalen gehören u.a. die Ausstattung der Apotheke mit Räumen und teuren Geräten und die Größe des Krankenhauses. Sie sind im Hinblick auf eine Analyse der Beziehungen zwischen den bei der Arzneimittelversorgung zu treffenden kurzfristigen Entscheidungen von untergeordneter Bedeutung, da ihr Zustand kurzfristig i.a. kaum zu beeinflussen ist.

Die im Zeitablauf veränderlichen Merkmale der Arzneimittelversorgung können eingeteilt werden in

a) Merkmale, deren Zustand zeitpunktbezogen beschrieben werden kann, und
b) Merkmale, die eine zeitraumbezogene Beschreibung erfordern.

---

1 Vgl. hierzu insbesondere Abschnitt 34.

Die unter a) zusammengefaßten Merkmale haben eine erhebliche Bedeutung für eine Analyse des Verhaltens realer Arzneimittelversorgungssysteme. Zu ihnen gehören

a1) die Belegung des Krankenhauses mit Patienten,

a2) die Lagerbestände der Präparate und

a3) die Einstandspreise der Präparate.

Grundsätzlich ist eine Beschreibung des Zustandes dieser Merkmale zu beliebigen Zeitpunkten möglich. Einer näheren Erläuterung bedarf die Belegung des Krankenhauses. Diese ist nicht allein charakterisiert durch die Anzahl der im Krankenhaus liegenden Patienten. Da verschiedene Krankheiten in einzelnen Behandlungsstadien eine unterschiedliche medikamentöse Behandlung erfordern, sind zur Charakterisierung der Belegung des Krankenhauses neben der Anzahl der Patienten die Art ihrer Erkrankung und das Behandlungsstadium, in dem sich die einzelnen Patienten befinden, von Bedeutung[1].

Zu den zeitraumbezogenen Merkmalen der Arzneimittelversorgung gehören

b1) die Anzahl der Patienten, die mit einer bestimmten Krankheit ins Krankenhaus eingeliefert werden,

b2) der Bedarf an Arzneimitteln,

b3) der Verbrauch von Präparaten,

b4) die Umsätze der Präparate,

b5) der Medikamentenumsatz und

b6) die Kosten der Arzneimittelversorgung.

Zur Beschreibung dieser Merkmale sind Zeiträume erforderlich. Beispielsweise können die Anzahl der eingelieferten Patienten oder die Präparatumsätze täglich, wöchentlich oder monatlich festgehalten werden.

Bei der Formulierung von Modellen der Arzneimittelversorgung wird später noch im einzelnen besprochen, wie der Zustand der angegebenen Merkmale for-

---

1 Es sei darauf hingewiesen, daß die Belegung des Krankenhauses bei einer anderen Problemstellung u.U. allein durch die Anzahl der im Krankenhaus liegenden Patienten ausreichend genau charakterisiert werden kann. Dies ist z.B. der Fall, wenn die Krankenhausverwaltung an der Entwicklung der Einnahmen des Krankenhauses interessiert ist, da für die Abrechnung mit den Krankenkassen die verschiedenen Krankheiten der Patienten keine Bedeutung haben.

mal in einem Modell abgebildet werden kann[1]. An dieser Stelle soll nur kurz erläutert werden, wie in den Modellen, die im Abschnitt 32. zur Ableitung eines Bestellverhaltens aufgestellt werden, die Entwicklung sowohl der zeitpunktbezogenen als auch der zeitraumbezogenen Merkmale der Arzneimittelversorgung grundsätzlich beschrieben wird[2].

Zur Wiedergabe der Entwicklung der Merkmale wird von einem gegebenen, in endlich viele Teilperioden unterteilten Zeitraum ausgegangen. Die Entwicklung der zeitpunktbezogenen Merkmale kann dann dadurch beschrieben werden, daß jeweils der Zustand dieser Merkmale am Anfang bzw. am Ende der einzelnen Teilperioden angegeben wird, während die Entwicklung der zeitraumbezogenen Merkmale durch eine Beschreibung ihres Zustandes in den einzelnen Teilperioden festgehalten werden kann.

Durch die in diesem Abschnitt erfolgte Darstellung der wichtigsten Merkmale der Arzneimittelversorgung sind die Vorraussetzungen für eine Klärung der Beziehungen zwischen den bei der Durchführung der Arzneimittelversorgung zu treffenden Entscheidungen und der Entwicklung der betrachteten Merkmale geschaffen. Nach der Klarstellung dieser Beziehungen, die im nächsten Abschnitt erfolgen soll, können Ansätze zur Planung der Arzneimittelversorgung abgeleitet werden.

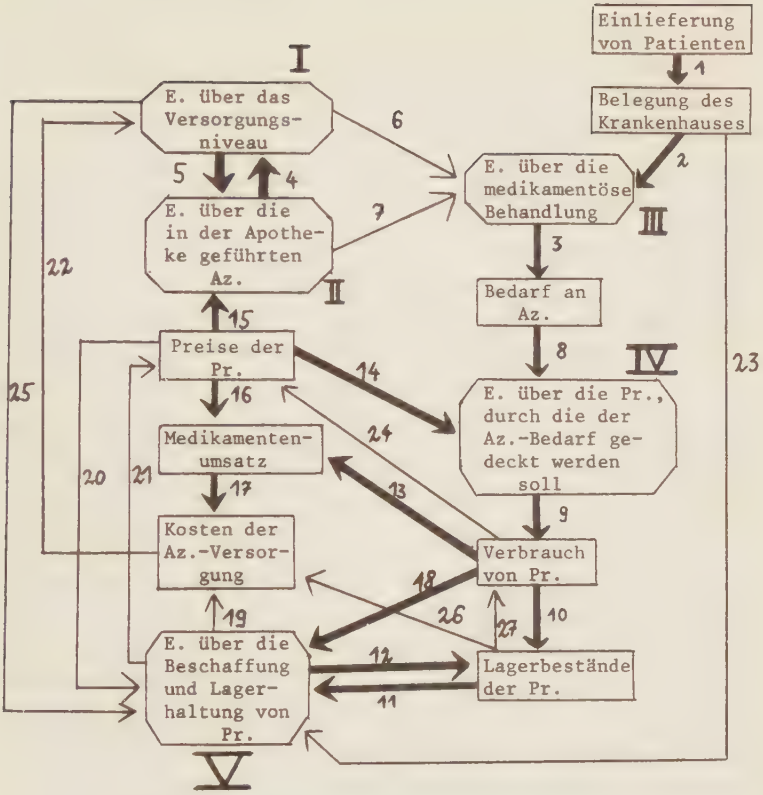
22. Die Interdependenzen zwischen den kurzfristigen Entscheidungen und der Entwicklung der Merkmale

Ein Überblick über die Beziehungen zwischen den kurzfristigen Entscheidungen und der Entwicklung von Merkmalen der Arzneimittelversorgung wird in Abb. 4 gegeben. Zur Verbesserung der Übersichtlichkeit sind in Abb. 4 die wichtigsten Einflüsse durch dicke Pfeile dargestellt, während durch die dünneren Pfeile schwächere Einflüsse angedeutet werden. Um bei der Beschreibung der Beziehungen leichter auf die Abbildung verweisen zu können, sind die Pfeile mit arabischen Zahlen und die Entscheidungsbereiche mit römischen Zahlen durchnummeriert.

---

1 Vgl. hierzu die Abschnitt 32. und 34.

2 Vgl. auch T. Witte (1973), S. 49 ff.



Verwendete Abkürzungen:

E. - Entscheidung(en)

Az. - Arzneimittel

Pr. - Präparat(e)

Abb. 4.: Die Beziehungen zwischen kurzfristigen Entscheidungen und der Entwicklung von Merkmalen der Arzneimittelversorgung

Die Belegung des Krankenhauses hängt ab von der Einlieferung der Patienten (Pfeil 1, kurz: P1). Die Belegung beeinflußt über die Entscheidung, wie die Patienten medikamentös behandelt werden, den Bedarf an Arzneimitteln (P 2,3). Ferner beeinflussen die Entscheidungen über das Versorgungsniveau und die Art der in der Apotheke geführten Arzneimittel, die simultan getroffen werden müssen[1] und deshalb selbst in engem Zusammenhang stehen (P 4,5), die Entscheidung der Ärzte über die medikamentöse Behandlung der Patienten (P 6,7).

Wenn in Abhängigkeit vom Arzneimittelbedarf entschieden worden ist, durch welche Präparate der Bedarf gedeckt werden soll, hängt der Verbrauch von Präparaten vom Bedarf an Arzneimitteln ab (P 8,9). Der Verbrauch wirkt auf die Lagerbestände der Präparate in der Apotheke (P 10). Wenn ein Präparat, das in der Apotheke angefordert wird, nicht vorrätig ist, d.h. der Lagerbestand des Präparats in der Apotheke ist gleich Null, wird es häufig durch ein anderes Präparat ersetzt. Folglich beeinflussen die Lagerbestände der Präparate auch den Verbrauch (P 27).

Die Lagerbestände in der Apotheke stehen in engem Zusammenhang mit den Entscheidungen des Apothekers bezüglich der Beschaffung und Lagerhaltung von Präparaten. Die Bestellungen werden in Abhängigkeit vom Lagerbestand aufgegeben (P 11) und sie beeinflussen ihn durch die Lieferung neuer Präparate (P 12). Der Apotheker muß bei der Aufgabe von Bestellungen jedoch noch weitere Faktoren berücksichtigen. Neben den Lagerbeständen sind für die Bestellentscheidungen der Verbrauch und die Preise der Präparate von Bedeutung (P 18,20)[2]. In Ausnahmefällen werden die Bestellungen auch von der Belegung des Krankenhauses abhängig gemacht (P 23). Der Apotheker bestellt z.B. Präparate, die nur selten benötigt werden, häufig erst dann, wenn aufgrund der Einlieferung von Patienten damit gerechnet werden muß, daß die Präparate bald gebraucht werden. Ferner muß bei der Aufgabe von Bestellungen darauf geachtet werden, daß eine ausreichende Versorgungssicherheit eingehalten wird (P 25).

Die Entscheidungen des Apothekers bzgl. der Beschaffung und Lagerhaltung von Präparaten beeinflussen direkt die Kosten der Arzneimittelversorgung

---

1 Vgl. Abschnitt 1322.

2 Oft werden in der Krankenhausapotheke Bestellentscheidungen unabhängig vom Preis eines Präparats getroffen. Dieses Bestellverhalten ist jedoch unvorteilhaft. Vgl. hierzu Abschnitt 3463.

(P 19), z.B. durch Kosten, die durch die Aufgabe einer Bestellung verursacht werden. Sie beeinflussen ferner die Einstandspreise der Präparate (P 21). Diese sind zwar i.a. von der Höhe einer einzelnen Bestellung unabhängig[1], doch ergeben sich Preisunterschiede, wenn ein Präparat statt von einem Hersteller z.B. von einem Grossisten bezogen wird.

Der Haupteinflußfaktor auf die Kosten der Arzneimittelversorgung ist der Medikamentenumsatz (P 17). Eine weitere Kosteneinflußgröße ist der Bestand an Präparaten in der Apotheke (P 26), durch den z.B. Kapitalbindungskosten verursacht werden. Die Kosten beeinflussen die Entscheidungen über das Versorgungsniveau (P 22). Denn bei der Festlegung eines befriedigenden Versorgungsniveaus muß u.a. berücksichtigt werden, zu welchen Kosten eine Realisierung des Versorgungsniveaus führt.

Der Medikamentenumsatz ergibt sich aus den Preisen und dem Verbrauch der Präparate (P 13,16). Je größer der Umsatz ist, den ein Krankenhaus mit einem Hersteller macht, umso größer sind i.a. auch die Rabatte, die beim Einkauf von Präparaten gewährt werden. Die für die Präparate zu zahlenden Einstandspreise sind folglich vom Verbrauch der Präparate abhängig (P 24). Die Präparatpreise sind von großer Bedeutung für die Entscheidung, durch welche Präparate der Arzneimittelbedarf gedeckt werden soll (P 14). Da nach der Zielvorstellung für die Arzneimittelversorgung die Kosten minimiert werden sollen, muß der Bedarf an Arzneimitteln mit möglichst preisgünstigen Präparaten gedeckt werden. Die Präparatpreise sind auch von Bedeutung bei der Entscheidung über die Art der in der Apotheke geführten Arzneimittel (P 15). Denn bei dieser Entscheidung muß berücksichtigt werden, wie teuer ein Arzneimittel ist. Da die Arzneimittel als Präparate eingekauft werden, hängt es u.a. von den Preisen der Präparate ab, wie teuer die Versorgung mit bestimmten Arzneimitteln ist.

Die Darstellung der Beziehungen zwischen kurzfristigen Entscheidungen und der Entwicklung wichtiger Merkmale der Arzneimittelversorgung ist nicht vollständig, sondern beschränkt sich auf die für diese Arbeit wichtigsten Zusammenhänge. So kann z.B. durch eine medikamentöse Behandlung die Belegung des Krankenhauses beeinflußt werden[2], ein Problem, das für die Pla-

---

1 Der Grund hierfür liegt darin, daß die gewährten Rabatte meisten unabhängig von der Höhe einer einzelnen Bestellung sind.

2 Ein Patient, der z.B. mit einer Infektionskrankheit im Krankenhaus liegt, kann u.U. einige Tage eher entlassen werden, wenn er mit entsprechend hohen Dosen Antibiotika behandelt wird.

nung des Betriebsablaufes in einem Krankenhaus von Bedeutung sein kann, zu dessen Lösung jedoch eine isolierte Betrachtung der Arzneimittelversorgung nicht ausreicht.

Abb. 4 hat eine grundlegende Bedeutung für die weitere Untersuchung, da sie die wichtigsten Zusammenhänge der Arzneimittelversorgung im Krankenhaus übersichtlich darstellt. Sie wird nicht nur bei der folgenden Ableitung von Ansätzen zur Planung der Arzneimittelversorgung herangezogen, sondern ist später auch eine große Hilfe bei der Formulierung von Modellen, die mit unterschiedlicher Vollständigkeit und Genauigkeit die in Abb. 4 dargestellten Merkmale und Beziehungen abbilden. Beispielsweise kann Abb. 4 entnommen werden, daß bei der Aufstellung von Totalmodellen der Arzneimittelversorgung, die alle wesentlichen Merkmale und Beziehungen berücksichtigen, durch die Einlieferung von Patienten ein Input der Modelle gegeben ist, da die Einlieferung von der Entwicklung der übrigen Merkmale der Arzneimittelversorgung unabhängig ist[1]. Diese Überlegungen werden im Abschnitt 34. bei der Formulierung von Modellen zur Simulation der Arzneimittelversorgung wieder aufgegriffen.

23. Die Grenzen der simultanen Planung

Nach der Klärung der Beziehungen zwischen den kurzfristigen Entscheidungen und der Entwicklung wichtiger Merkmale der Arzneimittelversorgung müssen Überlegungen angestellt werden, durch welche Ziel- und Mittelentscheidungen ein im Hinblick auf das übergeordnete Zielsystem des Krankenhauses möglichst vorteilhafter Ablauf der Arzneimittelversorgung erreicht werden kann. Derartige Überlegungen gehören zum Bereich der Planung der Arzneimittelversorgung[2]. Da zwischen den bei der Arzneimittelversorgung zu treffenden Entscheidungen Beziehungen bestehen, kann die Erfolgswirksamkeit einer Entscheidung nicht mehr isoliert gesehen werden, sondern hängt von der Planung und Durchführung weiterer Maßnahmen ab. Solange die Abhängigkeiten einseitig sind, kann die Planung der Entscheidungen bei Einhaltung der richtigen

---

1 Dabei wird allerdings vernachlässigt, daß die Einlieferung von Patienten u.U. auch von der Belegung des Krankenhauses abhängen kann, - z.B. wenn alle Betten eines Krankenhauses belegt sind und deshalb keine neuen Patienten aufgenommen werden können.

2 Vgl. zum Begriff und zur Aufgabe der Planung z.B. H. Jacob (1972), H. Koch (1961), W. Kern (1976), S. 145 ff.

Reihenfolge isoliert durchgeführt werden, ohne daß dadurch die Effektivität der Planung beeinträchtigt wird[1].

Eine nähere Betrachtung der Beziehungen in Abb. 4 zeigt, daß sich die bei der Arzneimittelversorgung zu treffenden Entscheidungen nicht nur einseitig, sondern wechselseitig beeinflussen. Die Entscheidungen über das Versorgungsniveau und die Art der in der Apotheke geführten Arzneimittel stehen in wechselseitiger Beziehung (vgl. die Pfeile 4,5 in Abb. 4, kurz: P 4,5). Sie beeinflussen die Entscheidungen über die medikamentöse Behandlung der Patienten und den Bedarf an Arzneimitteln (vgl. P 6,7 und P 3) und damit die Entscheidung, durch welche Präparate der Arzneimittelbedarf gedeckt werden soll (vgl. P 8). Diese Entscheidung beeinflußt wiederum z.B. über die Preise der Präparate oder über die Kosten der Arzneimittelversorgung die ersten Entscheidungen (vgl. P 9,24,15 oder P 9,13,17,22). Auch die Entscheidungen des Apothekers bzgl. der Beschaffung und Lagerhaltung von Präparaten stehen in wechselseitiger Beziehung zu den übrigen Entscheidungen (vgl. z.B. P 6,3,8,9,18,19,22).

Aufgrund dieser Interdependenzen kann nur bei einer gleichzeitigen, d.h. simultanen Planung aller Entscheidungen das kostenminimale Planungsergebnis erwartet werden. Diese theoretische Forderung nach einer simultanen Planung ist für die Arzneimittelversorgung im Krankenhaus wegen der zahlreichen und komplexen Beziehungen kaum realisierbar. Auch die Simulationsmodelle, die später formuliert werden[2] und die zahlreiche wichtige Beziehungen innerhalb der Arzneimittelversorgung erfassen, sind wegen ihrer Komplexität als Grundlage für eine direkte Simultan-Planung wenig geeignet, sondern dienen primär dem Zweck, die Konsequenzen von Plänen, die unter Verwendung einfacher Modelle abgeleitet werden, unter realistischen Prämissen zu überprüfen. Für die Planung der Arzneimittelversorgung im Krankenhaus ist es deshalb notwendig, einfache, operationale Planungsmethoden zu finden.

---

1 Vgl. D. Adam (1969), S. 20, 21.

2 Vgl. Abschnitt 34.

24. Die Ausgliederung der Medikamenteneinsatzplanung unter Berücksichtigung von Interdependenzen zur Lagerhaltung

Ein radikales Verfahren zur Vereinfachung komplexer Planungsprobleme ist die sukzessive Planung. Sukzessives Planen bedeutet, daß einzelne Teilpläne nicht mehr simultan, sondern sukzessive, d.h. zeitlich nacheinander aufgestellt werden. Meistens wird dabei der Teilbereich zuerst geplant, der auf den Gesamtplan voraussichtlich den größten Einfluß ausüben wird[1]. Bei der Aufstellung eines Planes können die Einflüsse der Bereiche, die erst später geplant werden, nicht exakt berücksichtigt, sondern nur nährungsweise geschätzt werden. Die Effektivität einer sukzessiven Planung ist deshalb entscheidend davon abhängig, wie groß die Einflüsse der noch zu planenden Bereiche sind und wie genau sie geschätzt werden können. Auf jeden Fall muß, wenn Interdependenzen zwischen den Teilplänen bestehen, damit gerechnet werden, daß die Ergebnisse zwar u.U. gut und brauchbar, jedoch nicht optimal sind.

Eine genauere Betrachtung der Abb. 4 (S. 25) zeigt, daß die Abhängigkeit der Entscheidungen des Apothekers bzgl. der Beschaffung und Lagerhaltung der Präparate von den übrigen Entscheidungen sehr stark ist. Dagegen üben die Entscheidungen des Apothekers auf die übrigen Entscheidungen nur einen geringen Einfluß aus. Dieser Tatbestand wird durch folgende Überlegungen verdeutlicht:

Der Einfluß, den die Entscheidungen im Bereich der Beschaffung und Lagerhaltung von Präparaten auf die Kosten der Arzneimittelversorgung haben, ist relativ gering, da der Medikamentenumsatz, der den größten Anteil an den Kosten der Arzneimittelversorgung hat, kaum von diesen Entscheidungen abhängt. Folglich übt die Planung der Beschaffung und Lagerhaltung der Präparate über die Gesamtkosten nur einen geringen Einfluß auf die Festlegung des Versorgungsniveaus aus. Noch schwächer ist die Abhängigkeit, die in Abb. 4 durch die Pfeilfolge 12,27,24,15 dargestellt wird. Der Grund liegt darin, daß der Einfluß, den die Pfeile 27 und 24 wiedergeben, gering ist. Durch das Auftreten von Fehlmengen kann sich zwar wegen der Möglichkeit eines Präparatersatzes der Verbrauch der Präparate verändern, doch wird

---

1 Vgl. H. Jacob (1972), S. 25, vgl. zur Sukzessiv-Planung ferner W. Kern (1976), S. 162, 163.

diese Variation des Verbrauchs kaum eine Größenordnung erreichen, die eine Änderung der Rabatte der Hersteller und damit der Präparatpreise verursacht. Schließlich kann der Preis eines Präparats auch direkt durch die Entscheidungen im Bereich der Beschaffung und Lagerhaltung beeinflußt werden (P 21), wenn der Apotheker das Präparat von einer anderen Stelle bezieht, die möglicherweise einen anderen Preis verlangt. Eine derartige Einflußnahme auf den Präparatpreis ist jedoch die Ausnahme. Normalerweise wird der Apotheker ein Präparat direkt vom Hersteller beziehen, da diese Bezugsquelle i.a. am billigsten ist. Nur in Ausnahmefällen, z.B. wenn ein Präparat dringend benötigt wird, kommt der Bezug von einer anderen Apotheke in Frage.

Da insgesamt die Entscheidungen bzgl. der Beschaffung und Lagerhaltung von Präparaten nur einen relativ geringen Einfluß auf die übrigen Entscheidungen ausüben, während der umgekehrte Einfluß groß ist, sind die Voraussetzungen für eine erfolgversprechende sukzessive Planung der Arzneimittelversorgung gegeben. Das bedeutet, daß zunächst die Entscheidungsbereiche I - IV in Abb. 4 geplant werden müssen. Die Planung dieser Bereiche der Arzneimittelversorgung wird im weiteren Medikamenteneinsatzplanung genannt. Erst nach der Durchführung der Medikamenteneinsatzplanung wird der Bereich der Beschaffung und Lagerhaltung der Präparate geplant.

Da nach den Ausführungen des Abschnitts 14. die Entscheidungen der Ärzte über die medikamentöse Behandlung einzelner Patienten einer direkten Planung kaum zugänglich sind, umfaßt die Medikamenteneinsatzplanung im wesentlichen die Planung der folgenden Entscheidungsbereiche[1]:

1) Entscheidungen über Anforderungen an das Niveau der Arzneimittelversorgung,
2) Entscheidungen über die Art der in der Apotheke geführten Arzneimittel,
3) Entscheidungen über organisatorische Maßnahmen zur Beschränkung des Einsatzes teurer Mittel und über weitere allgemeine Maßnahmen zum wirtschaftlichen Einsatz von Arzneimitteln sowie
4) Entscheidungen über die Präparate, durch die der Arzneimittelbedarf gedeckt werden soll.

Durch die Medikamenteneinsatzplanung wird folglich nicht exakt die Anwendung von Arzneimitteln bei einzelnen Patienten im voraus geplant, sondern

1 Vgl. Abschnitt 14.

es werden vielmehr generelle Richtlinien für die Verordnung bestimmter, insbesondere teurer Mittel festgelegt.

Abb. 4 kann entnommen werden, daß durch die Medikamenteneinsatzplanung die Abhängigkeit des Bedarfs an Präparaten von der Belegung des Krankenhauses konkretisiert wird[1]. Zwar ist auch nach der Durchführung der Einsatzplanung kein deterministischer Zusammenhang gegeben, doch kann der Bedarf dann in Abhängigkeit von der Belegung des Krankenhauses in der Form einer Wahrscheinlichkeitsverteilung genauer vorhergesagt werden. Es besteht in diesem Fall eine stochastische Beziehung zwischen der Belegung des Krankenhauses und dem Bedarf an Präparaten.

Aufgrund der Ziele der Arzneimittelversorgung muß die Medikamenteneinsatzplanung so durchgeführt werden, daß eine befriedigende Versorgung der Patienten mit möglichst geringen Kosten erreicht wird. Da jedoch die Beschaffung und Lagerhaltung der Präparate erst anschließend geplant wird, kann der Einfluß der Lagerhaltung auf die Medikamenteneinsatzplanung nicht genau angegeben, sondern nur näherungsweise geschätzt werden. Um diesen Einfluß zu klären, werden im folgenden zunächst die Probleme der Beschaffung und Lagerhaltung der Präparate untersucht. Mit Hilfe der gewonnenen Erkenntnisse kann dann später gezeigt werden, welche Auswirkungen bestimmte Maßnahmen im Bereich des Medikamenteneinsatzes auf die Kosten der Arzneimittelversorgung haben und welche Konsequenzen für die Medikamenteneinsatzplanung sich hieraus ergeben.

---

1 Der Bedarf an Präparaten wird in Abb. 4 im wesentlichen durch den Pfeil 9 wiedergegeben, da der Bedarf Haupteinflußfaktor für den Verbrauch an Präparaten ist. Da Fehlmengen auftreten können, stimmen der Bedarf und der Verbrauch an Präparaten in ihrer Höhe nicht immer genau überein. Vgl. auch Pfeil 27 in Abb. 4.

3. Die Analyse der Beschaffung und Lagerhaltung der Präparate

Bereits im Abschnitt 12. ist auf die Beschaffung und Lagerhaltung von Präparaten kurz eingegangen worden. Da dort die technische Durchführung der Arzneimittelversorgung im Vordergrund stand, war es sinnvoll von der Lagerhaltung der Arzneimittel zu sprechen. Da jetzt wirtschaftliche Probleme der Beschaffung und Lagerhaltung analysiert werden sollen, treten die Präparate in den Vordergrund der Betrachtung.

Im folgenden werden zunächst die grundsätzlichen strukturellen Gegebenheiten der Beschaffung und Lagerhaltung von Präparaten und ihre Bedeutung für die Modellbildung behandelt. Die Oberlegungen dieses Abschnitts gehen davon aus, daß die Medikamenteneinsatzplanung bereits durchgeführt worden ist und der Bedarf an Präparaten folglich in Abhängigkeit von der Belegung des Krankenhauses in der Form einer Wahrscheinlichkeitsverteilung prognostiziert werden kann.

31. Strukturelle Gegebenheiten der Beschaffung und Lagerhaltung von Präparaten

311. Die Grundstruktur des Lagerhaltungssystems

Allgemein dient eine Lagerhaltung dem Ausgleich von zeitlichen Differenzen zwischen der Beschaffung und dem Verbrauch von Gütern[1]. Der Ausgleich kann durch ein oder mehrere Läger erfolgen. Wenn zu einem Lagerhaltungssystem mehrere Läger gehören, besteht zwischen diesen Lägern oft eine Stufenstruktur[2]. Das kann etwa bedeuten, daß ein Großlager mehrere mittlere Läger und diese wiederum zahlreiche kleine Läger beliefern. Die Darstellung des Arzneimittelflusses im Krankenhaus in Abb. 1 (S. 7) zeigt, daß auch die Arzneimittelversorgung durch ein mehrstufiges Lagerhaltungssystem bewerkstelligt wird. Die Berücksichtigung der Mehrstufigkeit bei der Abbildung der realen Situation durch ein Modell kompliziert die Analyse erheblich. Da die Arzneimittelschränke auf den Stationen weniger der Vorratshaltung die-

1 Die Literatur zur Lagerhaltungstheorie in der Betriebswirtschaftslehre ist äußerst umfangreich. Vgl. z.B. die folgenden Veröffentlichungen und die dort angegebenen Literaturhinweise: K.J. Arrow, S. Karlin, H. Scarf (1958), G. Hadley, T.M. Whitin (1963), D. Hochstädter (1969), A. Klingst (1971), C.D. Lewis (1975), E. Naddor (1971), W. Popp (1968), J.W. Prichard, R.H. Eagle (1965), M.K. Starr, D.W. Miller (1962), W.v. Zwehl (1973).

2 Vgl. G. Hadley, T.M. Whitin (1963), S. 4 ff., W. Popp (1968), S. 2 ff.

nen, sondern mehr eine Hilfsfunktion bei der Verteilung der Mittel an die Patienten haben, dürfte es in vielen Fällen möglich sein, bei der Analyse der Lagerhaltung von Präparaten die Mehrstufigkeit des Lagerhaltungssystems zu vernachlässigen, ohne dadurch die Genauigkeit der Ergebnisse wesentlich zu beeinträchtigen. Das bedeutet nicht, daß die Arzneimittelschränke auf den Stationen für eine wirtschaftliche Arzneimittelversorgung keine weitere Bedeutung haben. Gerade auf den Stationen entstehen durch überhöhte Bestände und den Verderb von Arzneimitteln, die nicht rechtzeitig an die Apotheke zurückgegeben werden, häufig vermeidbare Kosten[1]. Dies ist jedoch ein Problem, das weitgehend von der Sorgfalt des Apothekers, des Stationsarztes oder der Stationsschwester abhängt und nicht durch eine theoretische Analyse gelöst werden kann. In dieser Arbeit wird deshalb bei der Ableitung eines Bestellverhaltens mit Hilfe von Modellen[2] von einem einstufigen Lagerhaltungssystem ausgegangen.

312. Die Struktur des Bedarfs an Präparaten

Wegen der Bedeutung, die die Struktur des Bedarfs für die Abbildung eines realen Lagerhaltungssystems durch ein Modell hat[3], sollen im folgenden die charakteristischen Merkmale des Bedarfs an Präparaten in einer Krankenhausapotheke untersucht werden.

Ein erstes wichtiges Merkmal ist die Ungleichmäßigkeit des Bedarfs im Zeitablauf: Die Stationen eines Krankenhauses beziehen benötigte Präparate von der Apotheke i.d.R. nur während der offiziellen Arzneimittelausgaben an den Arzneimittelausgabetagen[4], d.h. der Bedarf an Präparaten wird in der Apotheke im wesentlichen während der Arzneimittelausgaben wirksam. Zwischen den Arzneimittelausgaben wird der Bedarf normalerweise zunächst durch die Bestände in den Arzneimittelschränken der Stationen gedeckt. Diese Ungleichmäßigkeit des in der Apotheke auftretenden Bedarfs ist von Bedeutung für die Auswahl möglicher Bestellzeitpunkte[5].

---

1 Vgl. W. Felis (1976).

2 Vgl. Abschnitt 32.

3 Vgl. auch G. Hadley, T.M. Whitin (1963), S. 8 ff., E. Naddor (1971), S. 29 ff., W. Popp (1968), S. 5 ff.

4 Vgl. auch Abschnitt 12.

5 Vgl. den folgenden Abschnitt 313.

Ein weiteres wichtiges Merkmal des Bedarfs an Präparaten ist darin zu sehen, daß für die meisten Präparate eine kleinste Mengeneinheit existiert, die nicht weiter teilbar ist. Beispiele hierfür sind Tabletten, Ampullen, Flaschen mit sterilen Lösungen usw. Dieser Tatbestand wird später bei der Abbildung des Bedarfs in Modellen durch Ganzzahligkeitsbedingungen berücksichtigt. Im Gegensatz zu dieser "diskreten" Abbildung des Bedarfs steht die "kontinuierliche" Wiedergabe von Mengen, bei der keine Ganzzahligkeitsbedingungen gelten, sondern beliebige Teile der Grundmengeneinheit auftreten können. Eine diskrete Wiedergabe des Bedarfs erschwert i.a. die Modellanalyse, da insbesondere die Methoden der Differentialrechnung auf diskrete Größen nicht ohne weiteres anwendbar sind.

Wenn die genaue Höhe des Bedarfs an Präparaten in den Teilperioden des Planungszeitraums im voraus bekannt ist, liegt ein deterministischer Bedarf vor. Dieser Idealfall ist aus zwei Gründen im Krankenhaus i.a. nicht gegeben:

a) Es ist unmöglich, sicher vorherzusagen, wieviel Patienten mit welchen Krankheiten ins Krankenhaus eingeliefert werden, d.h. wie sich die Belegung des Krankenhauses in Zukunft qualitativ und quantitativ entwickeln wird.

b) Die Abhängigkeit des Bedarfs an Präparaten von der Belegung des Krankenhauses ist auch nach der Durchführung der Medikamenteneinsatzplanung nicht deterministisch. Denn i.a. kann nicht sicher prognostiziert werden, wieviel Arzneimittel ein Patient, der mit einer bestimmten Krankheit im Krankenhaus liegt, in bestimmten Behandlungsstadien erhält[1].

Wenn der Bedarf nicht sicher vorhergesagt werden kann, wird auch von stochastischem Bedarf gesprochen[2]. Das folgende Beispiel verdeutlicht, auf welche Weise ein stochastischer diskreter Bedarf durch eine Wahrscheinlichkeitsverteilung beschrieben werden kann[3].

---

1 Vgl. hierzu auch Abschnitt 24.

2 Vgl. W. Popp (1968), S. 6 ff.

3 Vgl. zu diskreten Wahrscheinlichkeitsverteilungen z.B. G. Hadley, T.M. Whitin (1963), S. 86-91, G. Menges (1972), S. 177 ff. Allgemeine Methoden und Probleme der Bedarfsprognose werden behandelt in R.G. Brown (1959), S. 26 ff., C.D. Lewis (1975), S. 11 ff. Zur Ableitung der Bedarfsverteilungen in Abhängigkeit von der Belegung des Krankenhauses vgl. Abschnitt 3262.

Beispiel:

In einem Krankenhaus wird festgestellt, daß in einem Zeitraum von 100 Tagen im Durchschnitt an 5 Tagen jeweils zwei Infusionsflaschen, an 10 Tagen jeweils eine Infusionsflasche und an 85 Tagen keine Infusionsflaschen gebraucht werden. Dann beträgt die Wahrscheinlichkeit, daß an einem Tag keine Infusionsflasche benötigt wird, 85 % (0,85). Die Wahrscheinlichkeit, daß an einem Tag eine Flasche gebraucht wird, ist 10 % (0,1) und die Wahrscheinlichkeit, daß an einem Tag zwei Flaschen benötigt werden, beträgt 5 % (0,05). Formal kann die Situation folgendermaßen beschrieben werden: B sei die Höhe des Bedarfs an Infusionsflaschen an einem Tag und W(B=n) sei die Wahrscheinlichkeit, daß die Höhe des Bedarfs an diesem Tag gleich n ist. Dann gilt für das Beispiel:

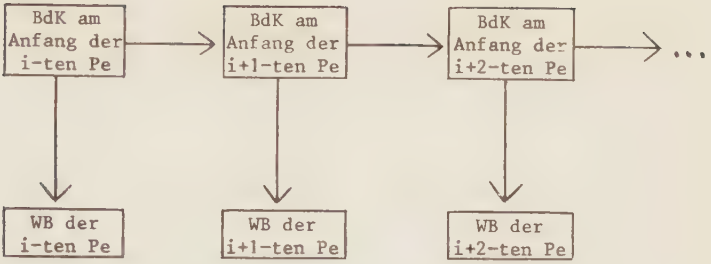
$$W(B=0) = 0{,}85;\ W(B=1) = 0{,}1;\ W(B=2) = 0{,}05.$$

Für die Analyse eines Lagerhaltungssystems mit stochastischem Bedarf ist ferner wichtig, ob die Höhe des Bedarfs in verschiedenen Teilperioden voneinander abhängig ist oder nicht. Die folgenden Überlegungen zeigen, daß die Höhe des Bedarfs an Präparaten in der Krankenhausapotheke in aufeinanderfolgenden Teilperioden voneinander abhängig sein kann:

Die Wahrscheinlichkeitsverteilung des Bedarfs an einem Präparat in einer Teilperiode hängt ab von der Belegung des Krankenhauses am Anfang der Teilperiode. Wenn Patienten mit bestimmten Krankheiten für mehrere Teilperioden im Krankenhaus liegen, beeinflußt gleichzeitig die Belegung des Krankenhauses am Anfang einer Teilperiode die Belegung am Anfang der Folgeperiode, da sowohl die Anzahl als auch die Behandlungsstadien der Patienten, die am Anfang einer Teilperiode im Krankenhaus liegen, von der Belegung des Krankenhauses am Anfang der Vorperiode abhängen. Diesen Zusammenhang verdeutlicht Abbildung 5.

Abbildung 5 zeigt, daß wegen der Abhängigkeit des Bedarfs von der Belegung des Krankenhauses auch ein Zusammenhang zwischen der Höhe des Bedarf in aufeinanderfolgenden Teilperioden besteht. Da ein stochastischer Bedarf vorliegt, kann auch von einer "stochastischen Abhängigkeit" des Bedarfs[1]

1 Vgl. zur Abhängigkeit und Unabhängigkeit von Zufallsgrößen G. Menges (1972), S. 201.



verwendete Abkürzungen:

BdK - Belegung des Krankenhauses

Pe - Teilperiode

WB - Wahrscheinlichkeitsverteilung des Bedarfs an dem betrachteten Präparat

Abb. 5: Die Abhängigkeit des Bedarfs in verschiedenen Teilperioden

in aufeinanderfolgenden Teilperioden gesprochen werden. Diese Abhängigkeit ist umso größer, je kürzer der Zeitraum ist, den eine Teilperiode umfaßt, da auch der Zusammenhang zwischen der Belegung des Krankenhauses am Anfang aufeinanderfolgender Teilperioden bei kurzen Teilperioden ausgeprägter ist. Das bedeutet z.B., daß zwischen der Höhe des Bedarfs an aufeinanderfolgenden Tagen häufig eine große Abhängigkeit besteht, während die Abhängigkeit zwischen der Höhe des Bedarfs in aufeinanderfolgenden Jahren gering ist.

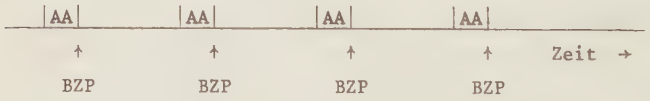
Zusammengefaßt können als Ergebnis dieses Abschnitts vier wichtige, für den Bedarf an Präparaten i.a. charakteristische Merkmale festgehalten werden:

1) Der Bedarf wird in der Apotheke während der offiziellen Arzneimittelausgaben wirksam.
2) Der Bedarf ist diskreter Natur.
3) Der Bedarf ist stochastisch.
4) Die Höhe des Bedarfs in aufeinanderfolgenden Teilperioden ist voneinander abhängig.

313. Das Verhalten bei der Bestellung von Präparaten und bei Verknappungen

In den Krankenhausapotheken sind zwei verschiedene Tendenzen bei der Aufgabe von Bestellungen zu beobachten: Manche Apotheker bevorzugen es, die Präparate bei den Firmenvertretern zu bestellen, andere dagegen bestellen überwiegend telefonisch oder per Post. Beide Möglichkeiten sind mit Vor- und Nachteilen verbunden. Die Aufgabe der Bestellungen bei den Vertretern ist bequem und es können hierdurch Telefonkosten und/oder Briefpapier- und Portokosten gespart werden. Andererseits muß der Apotheker oft erhebliche Zeit für die Vertreter opfern, während der informative Nutzen der Gespräche mit den Vertretern begrenzt ist. Denn aus verständlichen Gründen informiert ein Vertreter nicht objektiv über das Angebot des Arzneimittelmarktes, sondern stellt die Präparate der vertretenen Firma in den Vordergrund. Wenn die Präparate normalerweise bei den Vertretern bestellt werden, sind ferner höhere Lagerbestände notwendig, damit der Zeitraum bis zum nächsten Vertreterbesuch überbrückt werden kann.

Bei einer Abbildung der Lagerhaltung von Präparaten durch Modelle ergeben sich in Abhängigkeit von den zugrundegelegten Verhaltensweisen unterschiedliche Konsequenzen für die Auswahl möglicher Bestellzeitpunkte. Wenn die Präparate generell bei Firmenvertretern bestellt werden, kommen als Bestellzeitpunkte nur die Vertreterbesuche in Frage. Dagegen ist telefonisch oder per Post jederzeit eine Aufgabe von Bestellungen möglich[1]. Da zwischen zwei Arzneimittelausgaben in der Apotheke i.a. kein Bedarf wirksam wird, ist es in diesem Fall sinnvoll, nur nach den Arzneimittelausgaben Bestellungen aufzugeben, d.h. als mögliche Bestellzeitpunkte kommen die Zeitpunkte nach den Arzneimittelausgaben in Frage (Abb. 6).



verwendete Abkürzungen:

AA - Arzneimittelausgabe

BZP - möglicher Bestellzeitpunkt

Abb. 6: Darstellung möglicher Bestellzeitpunkte im Anschluß an Arzneimittelausgaben

1 Es wird hier vernachlässigt, daß z.B. an Feiertagen oder nachts auch telefonisch nicht ohne weiteres Bestellungen aufgegeben werden können.

Das Problem, welche Präparate in welchem Umfang zu einem möglichen Bestellzeitpunkt nachbestellt werden müssen, um einen im Sinne der Ziele der Arzneimittelversorgung möglichst vorteilhaften Ablauf der Lagerhaltung der Präparate zu gewährleisten, wird später eingehend untersucht[1,2].

Mögliche Reaktionen des Apothekers auf eine Verknappung sind bereits im Abschnitt 1322. beschrieben worden. Es soll im folgenden gezeigt werden, welche Bedeutung die verschiedenen Reaktionen für eine Abbildung der realen Situation durch Lagerhaltungsmodelle haben. Wenn Verknappungen auftreten, wird in der Lagerhaltungstheorie bei der isolierten Betrachtung der Lagerhaltung einzelner Güter zwischen dem "back-order" Fall und dem "lost-sales" Fall unterschieden[3]. Im back-order Fall kann Nachfrage auch zeitverschoben befriedigt werden, während im lost-sales Fall ein Bedarf, der wegen einer Verknappung nicht sofort gedeckt wird, verloren geht. Bei der Untersuchung der Lagerhaltung einzelner Präparate ist der back-order Fall gegeben, wenn bei einer Verknappung die Behandlung aufgeschoben wird, bis das Präparat nach einer normalen Bestellung wieder vorrätig ist[4]. Die folgenden Ausführungen zeigen, daß es sinnvoll ist, bei allen anderen möglichen Reaktionen auf eine Verknappung[5] vom lost-sales-Fall auszugehen. Dies ist offensichtlich, wenn wegen einer Verknappung auf eine Behandlung mit dem Präparat ersatzlos verzichtet wird. Es bleibt jedoch noch zu untersuchen, wie Verknappungen in einem Modell abgebildet werden können, wenn ein fehlendes Präparat schnell beschafft oder durch ein anderes Präparat ersetzt wird. Bei schneller Beschaffung wird der Bedarf an einem nicht vorrätigen Präparat gedeckt. Da ein Präparat in diesem Fall häufig bei einer anderen Stelle zu einem höheren Preis als gewöhnlich eingekauft wird, ist die schnelle Beschaffung eines Präparats eine außergewöhnliche Maßnahme. Sie wird später in den Modellen, die zur isolierten Ableitung eines Bestellverhaltens für einzelne Präparate aufgestellt werden, nicht explizit erfaßt. Vielmehr

---

1 Vgl. Abschnitt 32.

2 In Gesprächen mit verschiedenen Apothekern konnte der Verfasser feststellen, daß in den Krankenhausapotheken das folgende Vorgehen zur Bestimmung der Bestellmenge weit verbreitet ist: Der Apotheker bestellt von allen Präparaten jeweils so viel, daß der durchschnittliche Bedarf eines bestimmten, für alle Präparate gleichen Zeitraums von z.B. 2 Monaten durch die Bestellmenge gedeckt werden kann. Wie später gezeigt wird, ist dieses Vorgehen zur Bestimmung der Bestellmenge i.d.R. nicht empfehlenswert.

3 Vgl. G. Hadley, T.M. Whitin (1963), S. 18 ff. Zum Thema vgl. auch K. Fäßler, P.U. Kupsch (1972), S. 211, 212.

4 Vgl. die Reaktion c) im Abschnitt 1322.

5 Vgl. die Reaktionen a), b) und d) im Abschnitt 1322.

wird in diesen Modellen auch bei schneller Beschaffung eines Präparats im Falle einer Verknappung der lost-sales-Fall unterstellt, da der Bedarf dann durch Maßnahmen außerhalb des Modells gedeckt wird und deshalb im Rahmen des Modells verlorengeht. Die gleichen Überlegungen gelten, wenn bei einer Verknappung ein Ersatz des fehlenden Präparats durch andere Präparate vorgesehen ist[1].

Da die Behandlung mit einem Präparat nur selten aufgeschoben werden kann, bis das Präparat nach einer normalen Bestellung wieder vorrätig ist, hat bei einer Analyse der Lagerhaltung einzelner Präparate durch Modelle der lost-sales-Fall eine größere Bedeutung als der back-order-Fall.

314. Die durch die Beschaffung und Lagerhaltung von Präparaten verursachten Kosten

Aufgrund der Ziele der Arzneimittelversorgung sind die Kosten, die durch die Beschaffung und Lagerhaltung von Präparaten verursacht werden und durch Entscheidungen des Apothekers beeinflußt werden können, ein Hauptkriterium für die Planung des Lagerhaltungs- und Beschaffungsbereichs der Arzneimittelversorgung. Da in diesem Bereich die Festlegung der Bestellmengen und Bestellzeitpunkte der Präparate von großer Bedeutung ist[2], wird im folgenden besonders die Abhängigkeit der Kosten von den Bestellentscheidungen untersucht. Zu diesem Zweck ist die in Abb. 7 gezeigte Aufgliederung der Kosten hilfreich[3]. Die in der Abbildung benutzten Begriffe werden in den folgenden Abschnitten erklärt und besprochen.

---

1 In den Simulationsmodellen des Abschnitts 34., die simultan die Lagerhaltung mehrerer Präparate behandeln, wird die Möglichkeit des Ersatzes eines fehlenden Präparats durch andere Präparate und die Möglichkeit einer schnellen Beschaffung fehlender Präparate explizit berücksichtigt. In den Simulationsmodellen wird deshalb nicht mehr vom lost-sales-Fall ausgegangen.

2 Vgl. auch Abschnitt 14.

3 Vgl. zu den Kosten, die allgemein im Zusammenhang mit der Lagerhaltung von Gütern von Bedeutung sind, auch G. Hadley, T.M. Whitin (1963), S. 10 ff., M.K. Starr, D.W. Miller (1962), S. 9 ff.

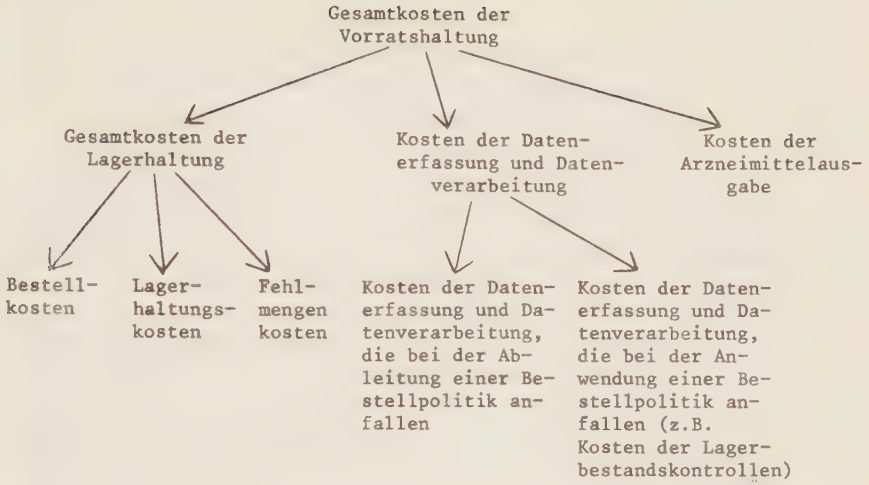


Abb. 7: Aufgliederung der Gesamtkosten der Vorratshaltung

3141. Die Bestellkosten als Teil der Beschaffungskosten

Als Beschaffungskosten werden hier die durch die Beschaffung von Präparaten verursachten Kosten bezeichnet[1]. Im folgenden soll untersucht werden, inwieweit die Beschaffungskosten von den Bestellentscheidungen abhängen und damit eine Bedeutung für die Ableitung eines Bestellverhaltens haben. Zu diesem Zweck ist eine Unterscheidung zwischen Einstandswerten und Kosten der Bestellabteilung hilfreich[2].

Die Einstandswerte ergeben sich durch Multiplikation der eingekauften Menge mit dem Einstandspreis. Da die beim Bezug von Präparaten gewährten Rabatte von der Höhe der einzelnen Bestellungen meistens unabhängig sind[3], können

---

1 Vgl. zur Bedeutung der Beschaffungskosten bei der Lagerhaltung von Gütern G. Hadley, T.M. Whitin (1963), S. 11-13.

2 Vgl. auch die Unterscheidung zwischen unmittelbaren und mittelbaren Beschaffungskosten in K. Fäßler, P.U. Kupsch (1972), S. 210.

3 Die Rabatte werden oft für längere Zeiträume ausgehandelt und hängen ab vom Umsatz, den ein Krankenhaus mit einem Hersteller macht, und von dem Konkurrenzdruck, unter dem ein Präparat auf dem Arzneimittelmarkt steht.

die Einstandspreise durch die Bestellentscheidungen i.a. nicht beeinflußt werden. Die von einem Präparat insgesamt eingekaufte Menge ist langfristig durch den Verbrauch des Präparats bestimmt. Auch der Präparatverbrauch ist vom Bestellverhalten weitgehend unabhängig. Nur beim Auftreten von Verknappungen kann sich z.B. durch einen Präparatersatz oder durch den Verzicht auf eine Behandlung indirekt eine Abhängigkeit des Präparatverbrauchs von den Bestellentscheidungen des Apothekers ergeben. Die Überlegungen zeigen, daß die Einstandswerte bei der Ableitung eines Bestellverhaltens vernachlässigt werden können[1], wenn der Einfluß der Verknappungen auf die Beschaffungskosten bei der Bestimmung der Fehlmengenkosten berücksichtigt wird[2].

Da die durch die Aufgabe einer Bestellung verursachten Kosten der Bestellabteilung i.a. unabhängig von der Bestellmenge sind, können sie auch als bestellfixe Kosten bezeichnet werden. Häufig ist ein Teil der Kosten der Bestellabteilung ferner unabhängig von der Anzahl der Bestellungen und damit vom Bestellverhalten, da allein durch die Aufrechterhaltung der Leistungsbereitschaft des Beschaffungsbereichs Kosten verursacht werden[3].

Die durch die Aufgabe *einer* Bestellung *eines* Präparats verursachten Kosten werden im weiteren durch einen Bestellkostensatz cb mit der Dimension Geldeinheiten beschrieben. Dagegen soll der Begriff "Bestellkosten" eines Zeitraums den Kostenbetrag bezeichnen, der sich ergibt, wenn der Bestellkostensatz mit der Anzahl der in dem Zeitraum aufgegebenen Bestellungen multipliziert wird. Folglich umfassen die Bestellkosten den Teil der gesamten Kosten der Bestellabteilung, der von der Anzahl der Bestellungen abhängt und damit eine Bedeutung für die Planung der Bestellentscheidungen hat[4].

In einem Krankenhaus werden die Präparate i.d.R. nicht von einer Bestellabteilung, sondern vom leitenden Apotheker nachbestellt. Unter den Kosten der Bestellabteilung sind in diesem Fall die Kosten zu verstehen, die bei der Aufgabe von Bestellungen durch den Apotheker anfallen.

---

1 Vgl. auch A. Klingst (1971), S. 2, 3. Die Einstandswerte müssen dagegen bei der Ableitung eines Bestellverhaltens berücksichtigt werden, wenn die hier unterstellte Prämisse gegebener, konstanter Preise nicht mehr gilt (z.B. wenn Preiserhöhungen für bestimmte Präparate angekündigt werden).

2 Vgl. Abschnitt 3143.

3 Vgl. K. Fäßler, P.U. Kupsch (1972), S. 210.

4 Der Begriff "Bestellkosten" wird in dieser Arbeit in einer etwas engeren Bedeutung als z.B. in K. Fäßler, P.U. Kupsch (1972) verwendet. Während dort die mittelbaren Beschaffungskosten auch Bestellkosten genannt werden (vgl. ebenda, S. 210), wird hier als Bestellkosten nur der Teil der mittelbaren Beschaffungskosten bezeichnet, der für die Ableitung eines Bestellverhaltens relevant ist.

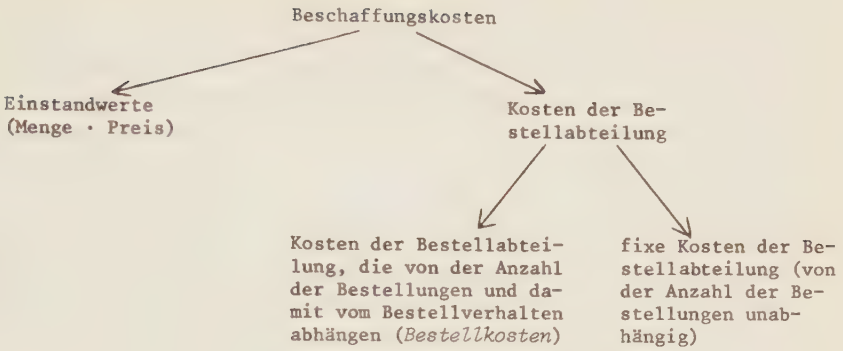


Abb. 8: Die Stellung der Bestellkosten innerhalb der Beschaffungskosten

Nach einer amerikanischen Veröffentlichung haben die fixen Kosten einer Bestellung eines Gutes im Krankenhaus eine Größenordnung von 5-8 Dollar[1]. In der Veröffentlichung wird allerdings das Problem, inwieweit die Kosten durch einzelne Bestellungen verursacht werden und damit vom Bestellverhalten abhängen, nicht weiter behandelt. Es soll deshalb im folgenden genauer untersucht werden, welche Kosten für die Ableitung eines Bestellkostensatzes relevant sind.

Ein Bestellkostensatz für die Planung des Bestellverhaltens in der Krankenhausapotheke muß zunächst die Briefpapier- und Portokosten bzw. die Telefonkosten berücksichtigen, die bei der Aufgabe einer Bestellung anfallen[2]. Erhebliche Probleme bereitet bei der Bestimmung des Bestellkostensatzes

1 Vgl. R.A. Gendel (1970), S. 98.

2 Häufig ist auch ein Teil der Transportkosten, die bei der Lieferung bestellter Güter anfallen, unabhängig vom Umfang der Lieferung. Da die beim Bezug von Präparaten anfallenden Transportkosten i.d.R. vom Lieferanten getragen werden, ist ihre Berücksichtigung bei der Ableitung des Bestellkostensatzes in diesem Fall nicht sinnvoll. In dem Zusammenhang wäre das folgende Problem eine nähere Untersuchung wert: Möglicherweise ist es vorteilhaft, wenn ein Krankenhaus die Transportkosten bei der Anlieferung von Präparaten selbst trägt und dafür mit dem Lieferanten einen Preisnachlaß aushandelt.

die Arbeitszeit, die der Apotheker für die Aufgabe einer Bestellung eines Präparats, für die Überprüfung der Lieferung und für eventuelle Reklamationen benötigt. Die zeitliche Belastung des Apothekers hängt zwar von der Anzahl der aufzugebenden Bestellungen und damit vom Bestellverhalten ab, doch übt eine Variation dieser zeitlichen Belastung erst dann einen direkten Einfluß auf die Kosten der Arzneimittelversorgung aus, wenn Personal entlassen werden kann oder neu eingestellt werden muß und sich damit die Personalkosten der Arzneimittelversorgung verändern. Beispielsweise ist in einem Krankenhaus, das nur einen Apotheker beschäftigt, durch eine Veränderung des Bestellverhaltens in der Krankenhausapotheke kaum eine Senkung der Personalkosten zu erreichen, da der Apotheker nicht entlassen werden kann. Die folgende nähere Betrachtung der Aufgaben eines Krankenhausapothekers zeigt jedoch, daß durch eine Variation der Arbeitsbelastung im Beschaffungsbereich auch ohne Änderung des Personalbestandes die Kosten der Arzneimittelversorgung indirekt beeinflußt werden können:

Zu den Aufgaben des Apothekers gehört nicht nur die Bestellung von Präparaten, sondern auch die Kontrolle der Bestände in der Apotheke und auf den Stationen, die Beratung der Ärzte, die Mitarbeit bei der Medikamenteneinsatzplanung[1], die Information über neu auf den Markt gekommene Präparate usw. Die Arbeitszeit, die ein Apotheker auf die verschiedenen Aufgabenbereiche verwendet, liegt nicht fest, sondern ist variabel, d.h. er kann z.B. die Bestände mehr oder weniger oft kontrollieren oder sich in unterschiedlichem Ausmaß über das Angebot auf dem Arzneimittelmarkt informieren. Der Apotheker ist deshalb bei einer Arbeitsentlastung im Beschaffungsbereich in der Lage, durch eine vermehrte Tätigkeit in anderen Bereichen zu einer Senkung der Kosten der Arzneimittelversorgung beizutragen. Wenn er beispielsweise die Bestände auf den Stationen häufiger kontrolliert, ist damit zu rechnen, daß weniger Arzneimittel auf den Stationen verfallen[2] und damit eine Kostensenkung erreicht wird. Die Auswirkung dieses Zusammehangs auf die Ableitung eines Bestellverhaltens soll im folgenden zunächst durch einige theoretische Überlegungen verdeutlicht werden. Anschließend wird gezeigt, wie die Arbeitszeit des Apothekers bei der Bestimmung des Bestellkostensatzes berücksichtigt werden kann.

---

1 Vgl. zur Medikamenteneinsatzplanung Abschnitt 4.

2 Die Kosten, die durch den Verfall von Arzneimitteln auf den Stationen verursacht werden, sind nicht unbedeutend. Vgl. W. Felis (1976).

Die Senkung der Kosten der Arzneimittelversorgung, die sich ergibt, wenn ein Apotheker pro Monat eine Stunde[1] länger arbeitet und die zusätzliche Arbeitszeit dort einsetzt, wo die größte Kostensenkung erzielt wird, kann als "Grenznutzen" der Arbeitszeit des Apothekers bezeichnet werden[2]. Wenn zusätzliche Arbeitsstunden zuerst dort eingesetzt werden, wo sie den größten Nutzen stiften, nimmt der Grenznutzen der Arbeitszeit mit zunehmendem Einsatz von Arbeitsstunden pro Monat ab. Der Grenznutzen ist gleich Null, wenn es keinen Bereich der Arzneimittelversorgung mehr gibt, in dem durch den Einsatz weiterer Arbeitsstunden eine Kostensenkung erzielt werden kann. Dieser Fall liegt vor, wenn ein Apotheker während seiner Arbeitszeit nicht voll ausgelastet, d.h. die Arbeitszeit des Apothekers nicht knapp ist[3].

In einer Krankenhausapotheke kommt die Einstellung eines weiteren Apothekers in Betracht, wenn der Grenznutzen der Arbeitszeit des Apothekers die Personalkosten pro Arbeitsstunde übertrifft. Die Neueinstellung führt in diesem Fall nicht notwendig zu einer Senkung der Kosten der Arzneimittelversorgung: Durch den vermehrten Einsatz an Arbeitsstunden kann der Grenznutzen der Arbeitszeit so stark sinken, daß die durch die Arbeit des neu eingestellten Apothekers in bestimmten Bereichen erzielbare Kostensenkung die zusätzlichen Personalkosten nicht kompensiert. Je mehr jedoch der Grenznutzen der Arbeitszeit in einer Krankenhausapotheke die Personalkosten je Arbeitsstunde übertrifft, umso eher muß damit gerechnet werden, daß durch die Einstellung eines weiteren Apothekers die Kosten der Arzneimittelver-

---

1 Um die weiteren Überlegungen zu erleichtern, wird hier als Zeiteinheit eine Stunde angenommen. Da es sich um eine Grenzbetrachtung handelt, müßte die Zeiteinheit bei exaktem Vorgehen infinitesimal klein sein. Für das folgende ist die Festlegung von einer Stunde als Zeiteinheit jedoch ausreichend genau.

2 Da hier die in Geldeinheiten meßbare Kostensenkung als "Nutzen" interpretiert wird, hat der Grenznutzen die Dimension Geldeinheiten pro Stunde.

3 Dieser theoretisch interessante Fall hat kaum eine praktische Bedeutung. Wegen der zahlreichen, verschiedenartigen Aufgaben eines Krankenhausapothekers ist es unwahrscheinlich, daß es keinen Bereich der Arzneimittelversorgung mehr gibt, in dem ein vermehrter Arbeitseinsatz des Apothekers zu einer Senkung der Kosten der Arzneimittelversorgung führt. Wenn ein Apotheker nicht voll ausgelastet und damit der Grenznutzen seiner Arbeitszeit gleich Null ist, würde sich z.B. - wie im Laufe dieses Abschnitts noch gezeigt wird - ein sehr niedriger Bestellkostensatz ergeben, der bei sinnvoller Planung des Bestellverhaltens zu einer großen Anzahl von Bestellungen pro Monat und damit zu einer starken Belastung des Apothekers im Beschaffungsbereich führen würde.

sorgung gesenkt werden können. Wenn umgekehrt der Grenznutzen der Arbeitszeit kleiner als die Personalkosten pro Arbeitsstunde ist und ein Krankenhaus mehrere Apotheker beschäftigt, ist u.U. durch die Entlassung eines Apothekers eine Kostensenkung möglich.

Es kann zusammenfassend festgestellt werden, daß ein Krankenhausapotheker seine begrenzt zur Verfügung stehende Arbeitszeit auf verschiedene Aufgabenbereiche aufteilen muß. Hieraus resultiert ein Zusammenhang bei der Planung der Bereiche. Theoretisch ist eine Berücksichtigung dieses Zusammenhangs bei der isolierten Planung des Bestellverhaltens durch eine Bewertung der Arbeitszeit mit dem Grenznutzen als Kostenwert möglich[1]. Dies bedeutet konkret, daß die für eine Bestellung benötigte Arbeitszeit bewertet mit dem Grenznutzen in den Bestellkostensatz eingeht. Das eigentliche Problem bei einer Anwendung dieser theoretischen Feststellung in der Praxis liegt darin, daß i.a. der Grenznutzen der Arbeitszeit des Krankenhausapothekers nicht bekannt ist. Zur Lösung des Problems kommt das folgende schrittweise Vorgehen in Frage:

1) Zur Ableitung eines "vorläufigen" Bestellkostensatzes wird die für eine Bestellung notwendige Arbeitszeit zunächst mit den Personalkosten je Arbeitsstunde bewertet. Zwar kann der Grenznutzen der Arbeitszeit größer oder kleiner als die Personalkosten je Arbeitsstunde sein, doch ist eine genaue Schätzung des Grenznutzens vor der Ableitung eines Bestellverhaltens i.a. nicht möglich.

2) Unter Verwendung des vorläufigen Bestellkostensatzes wird für alle Präparate ein Bestellverhalten abgeleitet.

3) Es wird geprüft, wieviel Arbeitszeit der Apotheker bei einer Anwendung des abgeleiteten Bestellverhaltens für die Aufgabe von Bestellungen aufwenden muß. Wenn sich z.B. herausstellt, daß der Apotheker durch den Beschaffungsbereich übermäßig belastet wird und nur bei einer starken Vernachlässigung wichtiger anderer Bereiche genügend Zeit findet, die notwendigen Bestellungen aufzugeben, ist der Grenznutzen der Arbeitszeit größer als ursprünglich angenommen. In diesem Fall werden der Kostenwert der Arbeitszeit und damit der Bestellkostensatz nach oben korrigiert und erneut ein Bestellverhalten abgeleitet. Entsprechend erfolgt eine Korrektur des Bestellkostensatzes nach unten, wenn eine größere zeitli-

1 Vgl. zum Ansatz von Kostenwerten im Rahmen der wertmäßigen Kostentheorie D. Adam (1970), S. 30 ff.

che Belastung des Apothekers durch die Aufgabe von Bestellungen vertretbar ist. Ein Bestellkostensatz ist akzeptabel, wenn auf Grund der sich ergebenden Arbeitsbelastung des Apothekers im Beschaffungsbereich keine Korrektur für notwendig gehalten wird.

4) Wenn nach möglicherweise wiederholten Korrekturen ein akzeptabler Bestellkostensatz abgeleitet worden ist, wird festgestellt, welche Bewertung der Arbeitszeit den abgeleiteten Bestellkostensatz ergibt. Falls der für die Arbeitszeit anzusetzende Kostenwert erheblich von den Personalkosten je Arbeitsstunde abweicht, ist nach den angestellten Überlegungen die Neueinstellung oder die Entlassung von Personal in Betracht zu ziehen[1].

Beispiel:

In einer Krankenhausapotheke entstehen pro Bestellung im Durchschnitt Briefpapier- und Portokosten bzw. Telefonkosten von 2 DM. Der Zeitaufwand des Apothekers für eine Bestellung, die Überprüfung der Lieferung und eventuelle Reklamationen beträgt durchschnittlich 10 Minuten, die Personalkosten pro Arbeitsstunde des Apothekers liegen bei 30 DM. Zur Ableitung des vorläufigen Bestellkostensatzes werden für die Arbeitszeit Kosten von 30 · 10/60 DM = 5 DM angesetzt. Es ergibt sich ein vorläufiger Bestellkostensatz von 5 DM + 2 DM = 7 DM. Bei einer Anwendung des mit diesem Bestellkostensatz abgeleiteten Bestellverhaltens stellt sich heraus, daß der Apotheker durch die Aufgabe der Bestellungen vollkommen überlastet wird. Der Apotheker findet erst dann genügend Zeit, seine Aufgaben außerhalb des Beschaffungsbereichs zufriedenstellend zu erfüllen, wenn das Bestellverhalten mit einem Bestellkostensatz von 17 DM abgeleitet wird. Dieser Satz ergibt sich,

---

1 Die beschriebenen Probleme bei der Festlegung eines Bestellkostensatzes in der Krankenhausapotheke gelten in gleicher oder ähnlicher Form für zahlreiche Lagerhaltungssysteme. Die in der Literatur zur Lösung der Probleme angegebenen Wege ähneln zum Teil dem hier beschriebenen Vorgehen: Klingst schlägt z.B. vor, den Bestellkostensatz "willkürlich" vorzugeben und nachzuprüfen, ob ein Resultat erzielt wird, das den Erwartungen entspricht. Vgl. A. Klingst (1971), S. 28. Klingst spricht an der zitierten Stelle von Bestellkosten. Nach der in dieser Arbeit vorgenommenen Definition der Begriffe ist offensichtlich der Bestellkostensatz gemeint. Ferner wird häufig unterstellt, daß die an der Beschaffung beteiligten Abteilungen einer Unternehmung bei ungenügender Auslastung andere Aufgaben übernehmen können. Vgl. K. Fäßler, P.U. Kupsch (1972), S. 210. Eine ähnliche Situation liegt in der Krankenhausapotheke vor, da der Apotheker bei einer Entlastung im Beschaffungsbereich vermehrt in anderen Aufgabenbereichen tätig werden kann. Vgl. zur Problematik auch G. Hadley, T.M. Whitin (1963), S. 422.

wenn für die Arbeitszeit ein Kostenwert von 90 DM pro Stunde angesetzt wird, denn es gilt 2 DM + 90 · 10/60 DM = 17 DM. Da der Kostenwert von 90 DM pro Stunde die Personalkosten je Arbeitsstunde erheblich übertrifft, muß die Einstellung eines weiteren Apothekers in Betracht gezogen werden. Die Einstellung eines weiteren Apothekers würde zu einer Reduktion des Grenznutzens der Arbeitszeit führen. Folglich müßte in diesem Fall der Bestellkostensatz nach unten korrigiert werden. Wenn auf eine Neueinstellung verzichtet wird, kommt das mit dem Bestellkostensatz von 17 DM abgeleitete Bestellverhalten zur Anwendung.

3142. Die Lagerhaltungskosten

Bei der eigentlichen Lagerhaltung von Gütern entstehen Kapitalbindungskosten, Kosten durch den Verderb von Gütern, Kosten durch den Betrieb des Lagers, Versicherungskosten usw.[1]. Für die Lagerhaltung von Präparaten sind in erster Linie die Kapitalbindungskosten relevant. Zwar entstehen häufiger auch durch den Verfall von Präparaten Kosten, die jedoch meistens vermieden werden können, wenn die Lagerhaltung mit ausreichender Sorgfalt durchgeführt wird. Die Bestellmengen, die für die Präparate ohne Berücksichtigung der begrenzten Haltbarkeit abgeleitet werden[2], decken i.a. den Bedarf für einen Zeitraum, der wesentlich kürzer ist als der Zeitraum, für den die Präparate haltbar sind. Es kann deshalb nicht zu einem Verfall der Präparate kommen, wenn darauf geachtet wird, daß die alten Präparate zuerst aufgebraucht werden. Es gibt nur wenige Präparate, deren Haltbarkeit so begrenzt ist, daß dies bei der Planung des Bestellverhaltens berücksichtigt werden muß[3].

Für manche Präparate ist eine besondere Lagerung - z.B. im Kühlschrank - erforderlich. Soweit die hierdurch entstehenden Kosten von der gelagerten Menge abhängen, sind sie den Lagerhaltungskosten der Präparate zuzurechnen. Dagegen können die durch die räumliche Ausstattung der Apotheke verursach-

---

1 Vgl. G. Hadley, T.M. Whitin (1963), S. 13 ff., M.K. Starr, D.W. Miller (1962), S. 10 ff.

2 Vgl. z.B. die Simulationsergebnisse im Abschnitt 346.

3 Eine Bedeutung hat die begrenzte Haltbarkeit bei der Lagerhaltung von Blutkonserven. Zur Problematik der Lagerhaltung von Blutkonserven vgl. J.B. Jennings (1973), G.M. Frankfurter, K.E. Kendall, C.C. Pegels (1974). Zur Berücksichtigung der begrenzten Haltbarkeit eines Gutes bei der Ableitung des Bestellverhaltens vgl. H. Hüttemann (1971), S. 63 ff., derselbe (1972), S. Nahmias (1976).

ten Kosten bei der Ableitung eines Bestellverhaltens i.a. vernachlässigt werden, da sie durch die Bestellentscheidungen nicht zu beeinflussen sind. Bei der Ableitung eines Bestellkostensatzes sind für die knappe Arbeitszeit des Apothekers Kosten angesetzt worden. Ebenso kann es bei knapper Lagerkapazität sinnvoll sein, Kosten für den "verbrauchten" Lagerraum anzusetzen[1]. Auf eine nähere Untersuchung dieser Möglichkeit wird jedoch verzichtet, da die Ausführungen des Abschnitts 315. zeigen werden, daß die beschränkte Lagerkapazität für die Ableitung eines Bestellverhaltens in der Krankenhausapotheke nur eine untergeordnete Bedeutung hat.

Da die Lagerhaltungskosten der meisten Präparate im wesentlichen durch die Kapitalbindungskosten gegeben sind und diese bei gegebenen Preisen in proportionaler Beziehung zum durchschnittlichen Lagerbestand stehen, ist es i.d.R. möglich, die Lagerhaltungskosten eines Präparats ausreichend genau mit Hilfe eines Lagerhaltungskostensatzes cl zu beschreiben, der angibt, wieviel Kosten pro Mengeneinheit (ME) und Zeiteinheit durch die Lagerhaltung des Präparats verursacht werden. Das folgende Beispiel zeigt, wie der Lagerhaltungskostensatz cl berechnet werden kann, wenn die Lagerhaltungskosten eines Präparats gleich den Kapitalbindungskosten sind und der Preis des Präparats und der Zinssatz zur Berechnung der Kapitalbindungskosten bekannt sind.

Beispiel:

Der Preis eines Präparats betrage 1 DM/ME und der Zinssatz sei 10 % pro Jahr. Dann gilt

$$cl = 0{,}1 \cdot \frac{DM}{Jahr \cdot ME} = 0{,}1 \cdot \frac{100 \cdot Pf}{365 \cdot Tag \cdot ME} = 0{,}0274 \cdot \frac{Pf}{ME \cdot Tag}$$

Der Lagerhaltungskostensatz beträgt in diesem Beispiel 0,0274 Pfennig pro Mengeneinheit und Tag.

3143. Die Fehlmengenkosten

Wenn ein Präparat gebraucht wird und nicht vorrätig ist, führt dies in Abhängigkeit von der Reaktion des Apothekers auf die Verknappung zu einer Be-

1 Die anzusetzenden Kosten können auch als Opportunitätskosten des begrenzten Lagerraums bezeichnet werden. Vgl. W. von Zwehl (1973), S. 19.

einträchtigung des Versorgungsniveaus und/oder zu einer Steigerung der Kosten der Arzneimittelversorgung, d.h. zu Fehlmengenkosten[1]. Die Kostenerhöhungen können im wesentlichen auf zwei Ursachen basieren:

1) Eine bei einer Verknappung häufig durchgeführte Eilbeschaffung ist nur zu höheren Kosten pro Präparat möglich als eine Regelbeschaffung.

2) Bei Verknappung eines Präparats wird der Bedarf u.U. durch ein anderes, teureres Präparat gedeckt[2].

Die Fehlmengenkosten, die durch eine Verknappung verursacht werden, können abhängig oder unabhängig von der Größe der Fehlmenge sein. Mengenunabhängige Fehlmengenkosten entstehen z.B., wenn ein Wagen zur Beschaffung eines dringend benötigten Präparats eingesetzt wird. Mengenabhängige Fehlmengenkosten treten auf, wenn ein fehlendes Präparat durch ein teureres Präparat ersetzt wird oder wenn es bei einer anderen Stelle als gewöhnlich - z.B. bei einer nahegelegenen Apotheke statt direkt beim Hersteller - zu einem höheren Preis eingekauft wird. Bei zeitverschobener Deckung eines Bedarfs ist für die Höhe der Fehlmengenkosten i.a. auch die Dauer der Verknappung von Bedeutung[3]. In der Krankenhausapotheke ist jedoch eine zeitverschobene Deckung des Bedarfs an Präparaten nur in Ausnahmefällen möglich[4].

Wenn die Fehlmengenkosten linear von der Größe der Fehlmenge abhängen, ist es sinnvoll, sie mit Hilfe eines Fehlmengenkostensatzes cf zu beschreiben, der die Fehlmengenkosten pro fehlender Mengeneinheit angibt. Wenn z.B. ein nicht vorrätiges Präparat zu einem höheren Preis eingekauft werden muß, ist der Fehlmengenkostensatz gleich der Differenz zwischen dem höheren Preis und dem normalerweise zu zahlenden Preis des Präparats.

Ein häufiges Auftreten von Verknappungen führt zu einer Senkung der Versorgungssicherheit. Mit steigendem Fehlmengenkostensatz sinkt - wie später zu zeigen ist - bei einer kostenoptimalen Politik die Anzahl der auftretenden Verknappungen, d.h. die Versorgungssicherheit steigt. Durch den Ansatz eines

---

1 Vgl. zu den Fehlmengenkosten bei der Lagerhaltung von Gütern G. Hadley, T.M. Whitin (1963), S. 18-21, K. Fäßler, P.U. Kupsch (1972), S. 211, 212.

2 Diese Fehlmengenkosten treten allerdings nur bei rationalem Verhalten beim Medikamenteneinsatz auf, d.h. der Bedarf an einem Arzneimittel wird grundsätzlich durch das kostengünstigste Präparat gedeckt. Nur bei Knappheitssituationen wird von dieser Regel abgewichen.

3 In diesem Fall wird besser von Verzugsmengen anstatt von Fehlmengen gesprochen.

4 Vgl. auch Abschnitt 313.

geeigneten Fehlmengenkostensatzes ist es deshalb möglich, eine vorgegebene Versorgungssicherheit bei der Lagerhaltung der Präparate sicherzustellen. Die Festlegung der Versorgungssicherheit eines Präparats bzw. die Ermittlung eines geeigneten Fehlmengenkostensatzes sind daher zwei Wege zur Lösung des gleichen Problems.

Die Summe der Bestell-, Lagerhaltungs- und Fehlmengenkosten wird im weiteren Lagerkosten[1] oder Gesamtkosten der Lagerhaltung genannt. Da die Gesamtkosten der Lagerhaltung der Präparate durch Bestellentscheidungen direkt beeinflußt werden können, sind sie von Bedeutung bei der Ableitung eines Bestellverhaltens durch Modelle.

3144. Die Kosten der Arzneimittelausgabe und die Kosten der Datenerfassung und Datenverarbeitung

Die Arzneimittelausgabe nimmt einen bedeutenden Teil der Arbeitszeit des in der Apotheke beschäftigten Personals in Anspruch. Ähnlich wie bei der Ableitung des Bestellkostensatzes stellt sich hier das Problem, inwieweit eine Entlastung des Personals bei der Arzneimittelausgabe durch eine vermehrte Tätigkeit in anderen Bereichen zu einer Senkung der Kosten der Arzneimittelversorgung beitragen kann. Im Gegensatz zur Bestellung von Präparaten wird die Arzneimittelausgabe meistens von Hilfskräften durchgeführt, deren Einsatzmöglichkeit in anderen Bereichen begrenzt ist. Wenn für die freiwerdende Arbeitszeit keine sinnvolle Verwendung besteht, führt eine Entlastung der Hilfskräfte bei der Arzneimittelausgabe erst nach der Entlassung von Personal zu einer Kostensenkung. Eine nähere Untersuchung der Problematik ist an dieser Stelle nicht notwendig, da die Arbeitsbelastung des Apothekenpersonals bei der Arzneimittelausgabe durch Bestellentscheidungen kaum zu beeinflussen ist. Die Kosten der Arzneimittelausgabe können deshalb bei der Ableitung eines Bestellverhaltens vernachlässigt werden.

Für die Planung und Anwendung eines Bestellverhaltens ist eine oft mit erheblichen Kosten verbundene Erfassung und Verarbeitung von Daten notwendig[2]. Zur Planung des Bestellverhaltens müssen mit Hilfe von Daten der Ver-

---

1 Ein analoger Begriffsgebrauch ist zu finden in T. Witte (1973), S. 19. In der Literatur werden die Begriffe "Lagerkosten" und "Lagerhaltungskosten" häufig auch synonym verwendet.

2 Die Kosten der Datenerfassung und Datenverarbeitung entsprechen weitgehend den "systemic costs" in M.K. Starr, D.W. Miller (1962). Vgl. zur Bedeutung dieser Kosten ebenda, S. 12, 13.

gangenheit Prognosen über die Entwicklung des Bedarfs an Präparaten aufgestellt werden. Zur Realisierung einer Bestellpolitik sind Informationen über die Höhe der Lagerbestände erforderlich, die z.B. durch Lagerbestandskontrollen gewonnen werden können. Die Kosten der Datenerfassung und Datenverarbeitung werden aus folgenden Gründen indirekt durch das Bestellverhalten beeinflußt:

1) Die zur Planung eines Bestellverhaltens notwendigen Informationen hängen von der Art der Bestellpolitik ab. Ferner ist die Ableitung verschiedener Bestellregeln unterschiedlich kompliziert[1]. Folglich hängen auch die im Planungsstadium entstehenden Datenerfassungs- und Datenverarbeitungskosten vom Bestellverhalten ab.

2) Die Anzahl der Lagerbestandskontrollen, die bei der Anwendung einer Bestellpolitik durchgeführt werden müssen, kann unterschiedlich groß sein. Je nach Art des Bestellverhaltens sind u.U. tägliche, wöchentliche oder monatliche Lagerbestandskontrollen notwendig. Ferner können Informationen über die Belegung des Krankenhauses bei der Aufgabe der Bestellungen berücksichtigt werden[2]. Folglich hängen auch die bei der Anwendung eines Bestellverhaltens entstehenden Kosten der Datenerfassung und Datenverarbeitung von der Art des Bestellverhaltens ab.

Die Überlegungen zeigen, daß es bei einem Vergleich der Wirtschaftlichkeit verschiedener Bestellsysteme nicht ausreicht, allein die Gesamtkosten der Lagerhaltung, d.h. die Summe der Bestell-, Lagerhaltungs- und Fehlmengenkosten zu betrachten. Meistens ist es nämlich möglich, mit Hilfe komplizierter mathematischer Methoden eine Bestellpolitik abzuleiten, deren Anwendung zu einer Senkung der Gesamtkosten der Lagerhaltung führt. Der Einsatz dieser Methoden ist jedoch erst dann sinnvoll, wenn durch die Senkung der Gesamtkosten der Lagerhaltung die Steigerung der Datenverarbeitungskosten, die bei der Anwendung komplizierterer Verfahren i.a. unvermeidlich ist, kompensiert wird.

Für die Höhe der Kosten der Datenerfassung und Datenverarbeitung ist die allgemeine Organisation der Informationserfassung und Informationsverarbeitung in einem Krankenhaus von großer Bedeutung. Wenn in einem Krankenhaus z. B. die elektronische Datenverarbeitung zum Einsatz kommt[3], sind eine Spei-

1 Vgl. die Vorgehensweisen 1-3 im Abschnitt 32.

2 Vgl. die Vorgehensweisen 3 im Abschnitt 326.

3 Zur Anwendung der elektronischen Datenverarbeitung im Krankenhaus vgl. z.B. E. Abel (1972), D. Adam (1972), S. 105, 106, W. Adam (1973), S. 76-80, C.T. Ehlers (1971), S. Eichhorn (1973), S. 207-246, J.E. Moon (1969).

cherung wichtiger Daten und der Zugriff zu diesen Daten problemlos möglich. Auch die Ableitung eines Bestellverhaltens mit Hilfe eines Computers ist problemlos. Wegen des zunehmenden Einsatzes von Computern in Krankenhäusern verbessern sich langfristig auch im Bereich der Lagerhaltung die Möglichkeiten für eine wirtschaftliche Erfassung und Verarbeitung von Daten.

Unter den Kosten der Datenerfassung und Datenverarbeitung haben die Kosten der Lagerbestandskontrollen häufig ein besonderes Gewicht[1]. Bei der Lagerhaltung in der Krankenhausapotheke sind die Kosten der Lagerbestandskontrollen dagegen relativ unbedeutend. Denn wegen der geringen räumlichen Ausdehnung der meisten Präparate ist es einfach, bei der Entnahme eines Präparats während der Arzneimittelausgabe zu überprüfen, ob der Lagerbestand so niedrig ist, daß eine Bestellung aufgegeben werden muß[2].

Die meisten Lagerhaltungsmodelle vernachlässigen die Kosten der Datenerfassung und Datenverarbeitung[3], da eine direkte Berücksichtigung dieser Kosten in einem Modell i.a. sehr schwierig ist. Hier bietet sich ein indirektes Vorgehen zur Planung der Bestellentscheidungen an: Bei der Ableitung verschiedener Bestellregeln mit Hilfe unterschiedlich komplizierter Methoden werden zunächst nur die Gesamtkosten der Lagerhaltung berücksichtigt. In den sich anschließenden Vergleich der Wirtschaftlichkeit der Bestellregeln werden dagegen die Datenerfassungs- und Datenverarbeitungskosten mit einbezogen. Dieses Vorgehen wird im Abschnitt 321. näher erläutert.

Der Begriff "Gesamtkosten der Vorratshaltung" bezeichnet in dieser Arbeit die Summe der Gesamtkosten der Lagerhaltung, der Kosten der Arzneimittelausgabe und der Kosten der Datenerfassung und Datenverarbeitung, d.h. unter dem Begriff werden die Kosten der Arzneimittelversorgung erfaßt, die in engem Zusammenhang mit der Lagerhaltung der Präparate stehen.

---

1 Zur Ableitung einer Bestellpolitik sind in diesem Fall Bestellrhythmusmodelle geeignet, in denen die Kosten der Lagerbestandskontrollen bei der Bestimmung des Zeitraums zwischen zwei Bestellungen explizit berücksichtigt werden können. Vgl. z.B. G. Hadley, T.M. Whitin (1963), S. 237.

2 Im Abschnitt 3231. wird genauer beschrieben, unter welchen Bedingungen ein Bestellung aufgegeben werden muß.

3 Vgl. auch M.K. Starr, D.W. Miller (1962), S. 12, 13.

315. Interdependenzen bei der Lagerhaltung mehrerer Präparate

Wegen der großen Anzahl der in einer Krankenhausapotheke geführten Präparate muß untersucht werden, ob bei der Lagerhaltung zwischen verschiedenen Präparaten Beziehungen auftreten, die eine Bedeutung für die Ableitung eines Bestellverhaltens haben. Solche Beziehungen liegen vor, wenn die Konsequenzen der Bestellentscheidungen bei der Beschaffung eines Präparats nicht isoliert bestimmt werden können, sondern vom Bestellverhalten bei der Beschaffung anderer Präparate abhängen. Falls derartige Erfolgsinterdependenzen[1] existieren, müssen zur Ableitung eines kostenoptimalen Bestellverhaltens alle interdependenten Präparate simultan betrachtet werden. Wegen der großen Schwierigkeiten, die mit einer Simultan-Planung der Bestellentscheidungen für mehrere Präparate verbunden sind, ist es häufig auch dann, wenn Interdependenzen vorliegen, vorteilhaft, zunächst isoliert für einzelne Präparate ein Bestellverhalten abzuleiten[2]. Anschließend können die Auswirkungen der Interdependenzen untersucht und eventuell Korrekturen des Bestellverhaltens vorgenommen werden.

Im wesentlichen können folgende Gründe zu Interdependenzen bei der Lagerhaltung verschiedener Präparate führen:

a) Die begrenzte Arbeitszeit des Apothekers,

b) die beschränkte Lagerkapazität,

c) die Senkung des Bestellkostensatzes, wenn gleichzeitig mehrere Präparate bestellt werden,

d) der Zusammenhang zwischen der Höhe des Verbrauchs verschiedener Präparate, der dadurch entsteht, daß bei einer Verknappung ein Präparat eventuell durch ein anderes Präparat ersetzt wird (Substitution von Präparaten),

e) der Zusammenhang zwischen der Höhe des Verbrauchs verschiedener Präparate, der dadurch entsteht, daß bestimmte Präparate u.U. nur gemeinsam verabreicht werden können (Komplementarität von Präparaten).

---

1 Wenn in diesem Abschnitt von Interdependenzen zwischen Präparaten gesprochen wird, sind damit Interdependenzen gemeint, die eine Bedeutung für die Planung der Bestellentscheidungen haben. Vgl. zur Bedeutung von Interdependenzen bei der Lagerhaltung von Gütern G. Hadley, T.M. Whitin (1963), S. 7, 8.

2 Das Vorgehen ähnelt der Sukzessiv-Planung. Vgl. hierzu die Abschnitt 23. und 24.

Die Bedeutung der genannten Punkte für die Planung des Bestellverhaltens soll im folgenden untersucht werden.

Zu a):
Bei der Ableitung von Bestellregeln für alle Präparate muß darauf geachtet werden, daß dem Apotheker genügend Zeit zur Aufgabe der anfallenden Bestellungen zur Verfügung steht. Im Abschnitt 3141. ist gezeigt worden, daß die Knappheit der Arbeitszeit des Apothekers bei isolierter Ableitung eines Bestellverhaltens für einzelne Präparate berücksichtigt werden kann, wenn für die Arbeitszeit ein geeigneter Kostenwert angesetzt wird. Das Problem braucht deshalb hier nicht weiter behandelt zu werden.

Zu b):
Wenn für alle Präparate isoliert ein Bestellverhalten abgeleitet wird, kann der Fall eintreten, daß bei einer Anwendung des Bestellverhaltens der in der Apotheke zur Verfügung stehende Lagerraum zu klein ist. Dieser Fall, der bei der Lagerhaltung im Handel und in der Industrie häufig eintritt, hat für die Ableitung eines Bestellverhaltens in der Krankenhausapotheke nur eine untergeordnete Bedeutung. Denn die räumliche Ausdehnung der meisten Präparate ist so gering, daß der beschränkte Lagerraum bei der Bestimmung der Bestellmenge normalerweise nicht berücksichtigt zu werden braucht[1]. Die bei knappem Lagerraum notwendige Anpassung der Bestellmengen kann deshalb i.a. auf wenige Präparate beschränkt werden, die den größten Anteil des Lagerraums benötigen[2].

Zu c):
Der Bestellkostensatz beschreibt die Kosten, die durch eine Bestellung eines Präparats verursacht werden und von der Bestellmenge unabhängig sind[3]. Wenn ein Apotheker gleichzeitig mehrere Präparate bestellt, kann hierdurch u.U. der Bestellkostensatz gesenkt werden. Denn in diesem Fall wird zur Aufgabe der Bestellung häufig weniger Zeit benötigt, als wenn jedes Präparat einzeln bestellt wird[4]. Ferner können die Briefpapier- und

---

1 Dies gilt z.B. für Tabletten, Zäpfchen und Ampullen.

2 Zur Berücksichtigung eines knappen Lagerraums können ähnlich wie bei der Berücksichtigung der knappen Arbeitszeit des Apothekers Kosten für den verbrauchten Lagerraum angesetzt werden. Vgl. auch Abschnitt 3142.

3 Vgl. Abschnitt 3141.

4 Dies führt zu einer Senkung des Bestellkostensatzes, da für die Arbeitszeit bei der Ableitung des Bestellkostensatzes ein Kostenwert angesetzt wird. Vgl. Abschnitt 3141.

Portokosten bzw. Telefonkosten durch eine gemeinsame Bestellung mehrerer Präparate bei einem Hersteller gesenkt werden. Es kann deshalb vorteilhaft sein, Bestellungen vorzuziehen, um dadurch eine gemeinsame Bestellung mehrerer Präparate zu erreichen. Auf diese Überlegungen wird später bei der Ableitung eines Bestellverhaltens zurückgegriffen[1].

Zu d):
Wenn bei einer Verknappung ein fehlendes Präparat durch ein anderes ersetzt wird, sinkt der Verbrauch des Präparats, bei dem eine Fehlmenge auftritt, während sich der Verbrauch des Ersatzpräparats erhöht. Wenn mehrere Präparate untereinander in einem gewissen Rahmen ersetzbar sind und sich deshalb der Bedarf bei Verknappungen von einem Präparat auf andere Präparate verlagern kann, wird im weiteren von einem Medikamentenverbund gesprochen. Obwohl ein Ersatz von Präparaten bei Verknappungen im Krankenhaus nicht ungewöhnlich ist, gibt es zwei Gründe, die die Bedeutung des Medikamentenverbundes für die Planung der Bestellentscheidungen in der Krankenhausapotheke begrenzen:

1) Der Ersatz eines Präparats ist nur möglich, wenn andere Präparate mit gleicher oder ähnlicher Wirkung zur Verfügung stehen. Wie später gezeigt wird, ist es jedoch eine Aufgabe der Medikamenteneinsatzplanung, eine ausreichende Versorgung mit wenigen Präparaten sicherzustellen, d.h. die Verwendung verschiedener Präparate mit gleicher oder ähnlicher Wirkung soll so weit wie möglich vermieden werden. Durch eine effektive Medikamenteneinsatzplanung wird folglich die Möglichkeit eines Ersatzes von Präparaten stark eingeschränkt.

2) Bei vielen Präparaten führt eine Vergrößerung der Versorgungssicherheit nur zu geringen zusätzlichen Lagerkosten. Folglich werden bei einem sinnvollen Bestellverhalten nur selten Fehlmengen dieser Präparate auftreten[2]. In diesem Fall sind auch die durch Fehlmengen verursachten Interdependenzen ohne große Bedeutung.

Die Auswirkungen des Medikamentenverbundes können durch eine Simulation der Arzneimittelversorgung genauer analysiert werden. Dies geschieht im Abschnitt 3463.

---

1 Vgl. Abschnitt 33.

2 Vgl. z.B. Abschnitt 346.

Zu e):
Wenn die Anwendung bestimmter Präparate grundsätzlich nur gemeinsam erfolgt, kann ebenso wie beim Ersatz von Präparaten der Verbrauch eines Präparats durch das Auftreten von Verknappungen bei anderen Präparaten beeinflußt werden. Die Bedeutung dieses Falls für die Lagerhaltung in der Krankenhausapotheke ist jedoch gering, da nur selten Verknappungen auftreten und da es nur wenige Präparate gibt, die grundsätzlich gemeinsam eingesetzt werden müssen.

32. Die isolierte Ableitung eines Bestellverhaltens für einzelne Präparate

Im letzten Abschnitt ist festgestellt worden, daß es häufig auch dann, wenn Interdependenzen zwischen den Bestellentscheidungen bestehen, vorteilhaft ist, zunächst isoliert für einzelne Präparate ein Bestellverhalten abzuleiten. Es werden deshalb im folgenden Verfahren zur isolierten Ableitung eines Bestellverhaltens entwickelt. Anschließend werden Möglichkeiten zur simultanen Planung der Bestellentscheidungen diskutiert und die Auswirkungen von Interdependenzen untersucht.

321. Allgemeine Überlegungen zum Vorgehen bei der Ableitung des Bestellverhaltens

Von grundlegender Bedeutung für die Ableitung eines Bestellverhaltens sind die Kosten, die durch Bestellentscheidungen des Apothekers beeinflußt werden können. Nach den Ausführungen des Abschnitts 314. hängen die Gesamtkosten der Lagerhaltung direkt und die Kosten der Datenerfassung und Datenverarbeitung indirekt vom Bestellverhalten ab. Im folgenden soll das Vorgehen näher erläutert werden, das in dieser Arbeit zur Berücksichtigung der Datenerfassungs- und Datenverarbeitungskosten bei der Planung der Bestellentscheidungen in der Krankenhausapotheke angewendet wird.

Es ist bereits darauf hingewiesen worden[1], daß zur Ableitung einer Bestellpolitik Modelle aufgestellt werden können, die einen Teil der Kosten der Datenerfassung und Datenverarbeitung - nämlich die Kosten der Lagerbestands-

1 Vgl. Abschnitt 3144., S. 53, Anmerkung 1.

kontrollen - berücksichtigen. Auf eine Anwendung derartiger Modelle wird im weiteren jedoch verzichtet, da die Kosten der Lagerbestandskontrollen bei der Lagerhaltung von Präparaten in der Krankenhausapotheke relativ unbedeutend sind[1].

Wegen der Schwierigkeit, die mit einer direkten Berücksichtigung der Datenerfassungs- und Datenverarbeitungskosten verbunden sind, wird das im Abschnitt 3144. skizzierte indirekte Vorgehen zur Planung der Bestellentscheidungen angewendet: In den folgenden Abschnitten werden drei verschiedene Vorgehensweisen zur Ableitung von Bestellregeln vorgestellt. Die Berechnung einer Bestellregel erfolgt jeweils auf der Basis der Gesamtkosten der Lagerhaltung, d.h. die Kosten der Datenerfassung und Datenverarbeitung werden zunächst vernachlässigt. Die Anwendung der Vorgehensweisen ist unterschiedlich kompliziert und deshalb mit unterschiedlich hohen Datenverarbeitungskosten verbunden. Ferner wird sich zeigen, daß die dritte Vorgehensweise zu höheren Datenerfassungskosten als die ersten beiden Vorgehensweisen führt. Folglich ist zur Planung der Bestellentscheidungen nicht ohne weiteres die Vorgehensweise geeignet, deren Anwendung mit den geringsten Gesamtkosten der Lagerhaltung verbunden ist. Vielmehr muß geprüft werden, ob durch die Senkung der Gesamtkosten der Lagerhaltung, die durch den Einsatz einer komplizierteren Vorgehensweise u.U. erzielt werden kann, die Steigerung der Datenerfassungs- und Datenverarbeitungskosten mindestens kompensiert wird. Bei der Entscheidung, welche Vorgehensweise zur Ableitung einer Bestellpolitik für ein Präparat geeignet ist, werden deshalb sowohl die Gesamtkosten der Lagerhaltung als auch die Kosten der Datenerfassung und Datenverarbeitung berücksichtigt.

322. Die gemeinsame Struktur der verwendeten Modelle

Die drei Vorgehensweisen, die zur Planung der Bestellentscheidungen in der Krankenhausapotheke entwickelt werden, basieren auf Modellen, durch die die Lagerhaltung eines Präparats abgebildet werden kann. Die verwendeten Modelle haben eine weitgehend übereinstimmende Struktur, die sich aus den im Abschnitt 31. behandelten Merkmalen und Zusammenhängen bei der Beschaffung und Lagerhaltung von Präparaten ergibt. Im folgenden soll zunächst die gemeinsame Struktur der Modelle beschrieben werden. Dies erleichtert später die Verdeutlichung der Unterschiede zwischen den drei Vorgehensweisen.

---

1 Vgl. Abschnitt 3144.

Da Methoden zur isolierten Planung der Bestellentscheidungen für einzelne Präparate entwickelt werden sollen, behandeln die Modelle die Lagerhaltung eines Präparats. Die Deckung des Bedarfs geschieht durch ein Lager[1]. Betrachtet wird ein endlicher Planungszeitraum, der in Teilperioden gleicher Länge unterteilt ist. Nur am Anfang jeder Teilperiode kann eine Bestellung aufgegeben werden, d.h. die Entscheidungsparameter der Modelle sind die Bestellmengen am Anfang der Teilperioden. Abb. 6 (S. 38) verdeutlicht den Sinn dieser Modellprämissen. Eine Teilperiode kann interpretiert werden als der Zeitraum vom Ende einer Arzneimittelausgabe bis zum Ende der nächsten Arzneimittelausgabe. Da es in einer Krankenhausapotheke i.a. sinnvoll ist, eventuelle Bestellungen nach den Arzneimittelausgaben aufzugeben, wird auch in den Modellen von dieser Möglichkeit ausgegangen[2]. Obwohl in der Realität die Länge des Zeitraums zwischen zwei Arzneimittelausgaben variieren kann, da z.B. am Wochenende normalerweise keine Arzneimittelausgabe stattfindet, haben in den Modellen alle Teilperioden des Planungszeitraums die gleiche Länge. Eine Berücksichtigung unterschiedlicher Längen der Teilperioden würde keine grundsätzlichen Schwierigkeiten bereiten, sie unterbleibt jedoch, um die Beschreibung der Modellstruktur zu vereinfachen.

Es wird in den Modellen vorausgesetzt, daß eine Bestellung zu sofortiger Lieferung führt, d.h. die Lieferfrist ist gleich Null. Die Annahme ist realistisch, wenn nach der Bestellung eines Präparats die Lieferung vor der nächsten Arzneimittelausgabe erfolgt. Da zwischen zwei Arzneimittelausgaben in einer Krankenhausapotheke i.d.R. kein Bedarf wirksam wird, kann in diesem Fall in den Modellen von sofortiger Lieferung ausgegangen werden[3]. Eine derartige Situation ist bei der Bestellung von Präparaten häufig gegeben. Bei der Beschreibung der Vorgehensweise 1 wird jedoch auch auf das Problem eingegangen, wie eine längere Lieferfrist bei der Ableitung des Bestellverhaltens berücksichtigt werden kann.

In den Modellen wird angenommen, daß der Lagerabgang jeweils am Ende einer Teilperiode erfolgt. Diese Prämisse ist naheliegend, da ein Präparat

---

1 Vgl. auch Abschnitt 311. Modelle, die ein Gut und ein Lager behandeln, werden SISS-Modelle ($ISS = Single-Item, Single-Source) genannt. Vgl. D. Hochstädter (1969), S. 27.

2 Vgl. auch Abschnitt 313. Wenn Bestellungen generell bei Firmenvertretern aufgegeben werden, entspricht eine Modellperiode dem Zeitraum zwischen zwei Vertreterbesuchen.

3 Der Einfluß dieser Annahme auf die Lagerhaltungskosten wird später bei der Berechnung der Lagerhaltungskosten in diesem Abschnitt diskutiert.

i.d.R. während der Arzneimittelausgaben von der Apotheke abgegeben wird[1]. Abb. 9 zeigt den generellen Typ der Lagerbestandsentwicklung eines Präparats bei Gültigkeit der beschriebenen Modellprämissen auf.

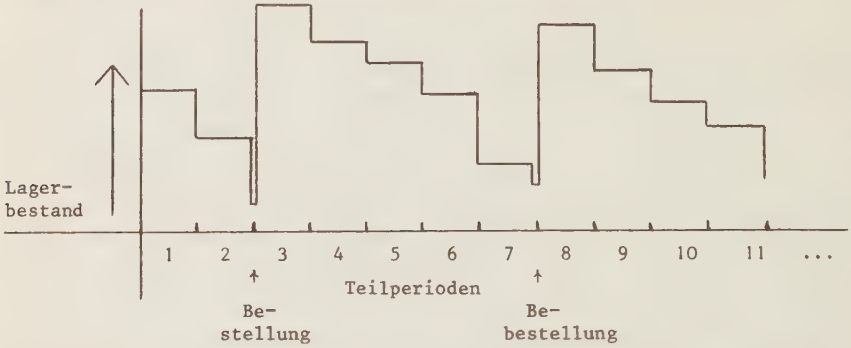


Abb. 9: Mögliche Entwicklung des Lagerbestandes unter den Modellprämissen

Bei Verknappungen wird in den Modellen der lost-sales-Fall unterstellt, der für die Analyse der Lagerhaltung einzelner Präparate eine größere Bedeutung hat als der back-order-Fall[2]. Alle auftretenden Mengen werden diskret in Mengeneinheiten gemessen[3].

Als Zeiteinheit wird im weiteren eine Teilperiode (PE) verwendet. Ferner gelten die nachstehenden Bezeichnungen:

Bezeichnungen von Modelldaten:

cb - Bestellkostensatz, cb > 0. Dimension: /¯GE_7.

cl - Lagerhaltungskostensatz (Lagerhaltungskosten je Teilperiode und Mengeneinheit), cl > 0. Dimension: /¯GE/(ME·PE)_7.

cf - Fehlmengenkostensatz (Fehlmengenkosten je Mengeneinheit), cf $\geq$ 0. Dimension: /¯GE/ME_7.

n - Anzahl der Teilperioden des Planungszeitraums.

Die Bedeutung der Kostensätze ist in den Abschnitten 3141. - 3143. behandelt worden. Der Fehlmengenkostensatz kann gleich Null sein, wenn eine Verknappung zu keinen zusätzlichen Kosten führt. In diesem Fall muß das

1 Vgl. auch Abb. 6 in Abschnitt 313.

2 Vgl. Abschnitt 313.

3 Vgl. zur Bedeutung der diskreten Wiedergabe von Mengen in Modellen Abschnitt 312.

Auftreten von Fehlmengen durch Mindestanforderungen an die Versorgungssicherheit eingeschränkt werden[1].

Zu den Modelldaten gehören auch Angaben über die Höhe des Bedarfs in den Teilperioden des Planungszeitraums. Auf diese Daten soll jedoch erst später eingegangen werden, da der Bedarf in den verschiedenen Modellen unterschiedlich genau erfaßt wird.

Für eine formale Beschreibung der Struktur der Modelle werden die in der nachstehenden Liste zusammengestellten Bezeichnungen verwendet:

Bezeichnungen:

xa_i - Lagerbestand der i-ten Teilperiode nach der Durchführung einer eventuellen Bestellung und Lieferung. Dim.: /¯ME¯/.

xe_i - Lagerbestand am Ende der i-ten Teilperiode nach der Deckung des Bedarfs. Dim.: /¯ME¯/. xe_i kann auch interpretiert werden als Lagerbestand am Anfang der i+1-ten Teilperiode vor der Ankunft einer eventuellen Lieferung. xe_0 ist der Lageranfangsbestand des Planungszeitraums.

Q_i - Bestellmenge am Anfang der i-ten Teilperiode. Dim.: /¯ME¯/. Wenn am Anfang der i-ten Teilperiode nicht bestellt wird, gilt $Q_i=0$.

B_i - Bedarf der i-ten Teilperiode. Dim.: /¯ME¯/[2].

KB_i - Bestellkosten der i-ten Teilperiode. Dim.: /¯GE¯/.

KL_i - Lagerhaltungskosten der i-ten Teilperiode. Dim.: /¯GE¯/.

KF_i - Fehlmengenkosten der i-ten Teilperiode. Dim.: /¯GE¯/.

K_i - Gesamtkosten der Lagerhaltung der i-ten Teilperiode. Dim.: /¯GE¯/. $K_i = KB_i + KL_i + KF_i$.

T - Länge einer Teilperiode des Planungszeitraums. Dim.: /¯PE¯/. Da hier als Zeiteinheit eine Teilperiode verwendet wird, gilt T=1 Teilperiode. Wenn dagegen die Zeiteinheit ein Tag ist und die Länge einer Teil-

---

1 Vgl. Abschnitt 1322.

2 B_i hat die Dimension /¯ME¯/, da B_i den Bedarf für einen festen, gegebenen Zeitraum - nämlich die i-te Teilperiode - angibt. Dagegen hat später der durchschnittliche Bedarf pro Teilperiode bzw. der Erwartungswert des Bedarfs einer Teilperiode ($\bar{B}$) die Dimension /¯ME/PE¯/ (vgl. Abschnitt 3232.), da $\bar{B}$ sich nicht auf eine bestimmte Teilperiode des Planungszeitraums bezieht, sondern für beliebige Teilperioden gilt. Aus dem gleichen Grunde haben KB_i, KL_i, KF_i und K_i die Dimension /¯GE¯/ und nicht die Dimension /¯GE/PE¯/.

periode zwei Tage beträgt, da z.B. alle zwei Tage eine Arzneimittelausgabe stattfindet, gilt T=2 Tage.

Es sei betont, daß in der Liste nur Bezeichnungen festgelegt werden und nichts darüber ausgesagt wird, inwieweit die einzelnen Größen gegeben sind. Insbesondere der Bedarf und die Gesamtkosten der Lagerhaltung sind i.a. zufallsabhängig und damit am Anfang des Planungszeitraums nicht exakt bekannt.

Mit Hilfe der Bezeichnungen können die Prämissen der Modelle bzgl. der Entwicklung des Lagerbestandes, die in Abb. 9 veranschaulicht worden sind, formal durch Gleichungen dargestellt werden.

Der Lagerbestand xe_i am Ende der i-ten Teilperiode ist gleich Null, wenn der Bedarf der i-ten Periode (B_i) größer oder gleich dem Lagerbestand xa_i ist. Gilt jedoch $B_i < xa_i$, so ist $xe_i = xa_i - B_i > 0$. Zusammen folgen die Beziehungen

$$(1) \qquad xe_i = \max(0, xa_i - B_i), \qquad i=1,\ldots,n.$$

Wenn zu xe_{i-1} die Bestellmenge am Anfang der i-ten Teilperiode addiert wird, ergibt sich der Lagerbestand xa_i.

$$(2) \qquad xa_i = xe_{i-1} + Q_i, \qquad i=1,\ldots,n.$$

Es ist später Ziel der Modellanalyse, die Entscheidungsvariablen der Modelle - das sind die Bestellmengen Q_i - in Abhängigkeit von den Lagerbeständen xe_{i-1} so festzulegen, daß der Erwartungswert der Gesamtkosten der Lagerhaltung im Planungszeitraum minimiert wird. Aus diesem Grunde wird im folgenden auf die Berechnung der Gesamtkosten der Lagerhaltung eingegangen.

Die Lagerhaltungskosten eines Zeitraums ergeben sich, indem der durchschnittliche Lagerbestand des Zeitraums mit der Länge des Zeitraums und mit dem Lagerhaltungskostensatz cl multipliziert wird. Der durchschnittliche Lagerbestand der i-ten Teilperiode ist unter den Modellprämissen gleich xa_i, da nach einer Bestellung sofort geliefert und der Bedarf am Ende der Teilperiode wirksam wird[1]. Für die Lagerhaltungskosten KL_i gelten folglich die Beziehungen

1 Vgl. auch Abb. 9.

(3) $$KL_i = xa_i \cdot T \cdot cl, \qquad i=1,\ldots,n.$$

Durch die Berechnung der Lagerhaltungskosten gemäß (3) wird die Realität nicht exakt erfaßt, da in Wirklichkeit nicht nur nach einer Arzneimittelausgabe, sondern i.d.R. während des gesamten Zeitraums zwischen zwei Arzneimittelausgaben Präparate geliefert werden. Die in den Modellen auf der Grundlage des durchschnittlichen Lagerbestandes berechneten Lagerhaltungskosten sind folglich nur eine Näherung der realiter entstehenden Kosten. Für eine genauere Ableitung der Lagerhaltungskosten müßten u.a. die Zahlungsgewohnheiten des Krankenhauses berücksichtigt werden, da gelieferte Präparate erst bei ihrer Bezahlung zu einer Kapitalbindung führen.

Wenn der Bedarf B_i der i-ten Teilperiode den Lagerbestand xa_i übetrifft, treten Fehlmengen von $B_i - xa_i$ Mengeneinheiten auf. Andernfalls kann der Bedarf der i-ten Teilperiode voll gedeckt werden. Für die Fehlmengenkosten KF_i gelten folglich die Beziehungen

(4) $$KF_i = \max(0, B_i - xa_i) \cdot cf, \qquad i=1,\ldots,n.$$

Die Bestellkosten KB_i der i-ten Teilperiode lassen sich in Abhängigkeit von der Bestellmenge Q_i durch eine Funktion $g(Q_i)$ darstellen:

(5) $$KB_i = g(Q_i) = \begin{cases} 0 & \text{für } Q_i = 0, \text{ d.h. es wird nicht bestellt} \\ cb & \text{für } Q_i > 0, \text{ d.h. es wird bestellt} \end{cases}$$

$$i=1,\ldots,n.$$

Die Gesamtkosten K_i der i-ten Teilperiode ergeben sich durch Summation der Bestellkosten KB_i, der Lagerhaltungskosten KL_i und der Fehlmengenkosten KF_i:

(6) $$K_i = KB_i + KL_i + KF_i = \underbrace{g(Q_i)}_{\text{Bestell-kosten}} + \underbrace{cl \cdot T \cdot xa_i}_{\text{Lagerhaltungs-kosten}} + \underbrace{\max(0, B_i - xa_i) \cdot cf}_{\text{Fehlmengenkosten}}$$

$$i=1,\ldots,n.$$

Die Gesamtkosten der Lagerhaltung des Planungszeitraums (K) sind gleich der Summe der Gesamtkosten K_i der Teilperioden.

(7) $$K = K_1 + K_2 + \ldots + K_n.$$ [1]

Die Gesamtkosten des Planungszeitraums sind eine Zufallsgröße, da sie von der Höhe des in den einzelnen Teilperioden wirksam werdenden Bedarfs abhängen.

Nach der Beschreibung der gemeinsamen Struktur der später verwendeten Modelle wird zur Verdeutlichung kurz skizziert, welche Unterschiede zwischen den drei Vorgehensweisen bestehen, die zur isolierten Planung eines Bestellverhaltens für einzelne Präparate entwickelt werden.

Vorgehensweise 1:
Der Bedarf wird für alle Teilperioden durch die gleiche Wahrscheinlichkeitsverteilung beschrieben. Die stochastische Abhängigkeit zwischen der Höhe des Bedarfs aufeinanderfolgender Teilperioden wird vernachlässigt. Zur Anwendung kommt eine Bestellpolitik, die einfach abgeleitet werden kann und eine große Ähnlichkeit mit der two-bin-Politik hat. Um die Berechnung der Bestellpolitik zu erleichtern, werden bei einer Anwendung der Vorgehensweise 1 die Kosten, die unter den in diesem Abschnitt formulierten Modellprämissen auftreten, nicht exakt berücksichtigt. Z.B. erfolgt die Ableitung der Bestellmenge unter Vernachlässigung der Fehlmengenkosten. Die berechnete Bestellpolitik ist folglich unter den gesetzten Prämissen i.a. nicht optimal.

Vorgehensweise 2:
Der Bedarf wird analog zur Vorgehensweise 1 erfaßt. Als Bestellregel kommt eine (s,S)-Politik zur Anwendung. Die Parameter s,S werden mit Hilfe der stochastischen Dynamischen Programmierung so bestimmt, daß das Bestellverhalten unter den Modellprämissen optimal ist. Es sei betont, daß die Optimalität der Bestellpolitik nur im Zusammenhang mit den Modellprämissen, die der Vorgehensweise zugrunde liegen, gesehen werden kann: Eine durch die Vorgehensweise 2 abgeleitete Bestellpolitik ist optimal unter den Modell-

---

1 Häufig werden in Lagerhaltungsmodellen zur Berechnung der Gesamtkosten des Planungszeitraums die zu verschiedenen Zeitpunkten anfallenden Kosten auf den Anfang des Planungszeitraums abgezinst. Vgl. z.B. das bekannte Arrow-Harris-Marschak-Modell in K.J. Arrow, T. Harris, J. Marschak (1951), S. 262. Hier wird auf eine Abzinsung verzichtet, da diese i.a. nur einen geringen oder keinen Einfluß auf das optimale Bestellverhalten hat. Vgl. G. Hadley, T.M. Whitin (1963), S. 23.

prämissen, da ihre Anwendung zur Minimierung der Gesamtkosten der Lagerhaltung des Planungszeitraums führt, wenn die Modellprämissen gelten. Aus folgenden Gründen ist eine unter den Modellprämissen optimale Bestellpolitik nicht notwendig optimal im Hinblick auf eine Anwendung dieser Politik in der Realität:

1) Da die Modelle, die den Vorgehensweisen 1 und 2 zugrunde liegen, die Realität nicht vollständig und exakt abbilden, ist es i.a. möglich, durch eine genauere Berücksichtigung der realen Gegebenheiten ein Bestellverhalten abzuleiten, das realiter mit geringeren Gesamtkosten der Lagerhaltung verbunden ist[1].

2) Die Modelle vernachlässigen die Kosten der Datenerfassung und Datenverarbeitung, die bei der praktischen Anwendung einer Bestellpolitik berücksichtigt werden müssen[2].

Vorgehensweise 3:
Im Unterschied zu den Vorgehensweisen 1 und 2 wird zusätzlich berücksichtigt, daß der Bedarf von der Belegung des Krankenhauses abhängt. Abgeleitet wird das unter den gesetzten Prämissen optimale Bestellverhalten.

323. Die Vorgehensweise 1

Das Ziel der Vorgehensweise 1 ist eine möglichst einfache Ableitung des Bestellverhaltens. Da aus diesem Grunde die auftretenden Kosten nur näherungsweise berücksichtigt werden, ist zu erwarten, daß der Erwartungswert der Gesamtkosten der Lagerhaltung im Planungszeitraum durch eine genauere Ableitung des Bestellverhaltens noch gesenkt werden kann.

3231. Die Struktur der Bestellpolitik

Die Prämissen und Bezeichnungen des letzten Abschnitts werden im folgenden übernommen. Es wird zusätzlich vorausgesetzt, daß der Bedarf in jeder Teilperiode des Planungszeitraums durch die gleiche diskrete Wahrscheinlichkeitsverteilung beschrieben werden kann[3]. Wenn mit B die Höhe des Bedarfs

1 Vgl. die Vorgehensweise 3.
2 Vgl. hierzu auch die Ausführungen des Abschnitts 321.
3 Vgl. zur Struktur des Bedarfs an Präparaten Abschnitt 312.

einer beliebigen Teilperiode bezeichnet wird und k eine ganze Zahl ist, gilt die folgende Schreibweise:

$W(B=k)$ ist die Wahrscheinlichkeit, daß der Bedarf einer Teilperiode k Mengeneinheiten beträgt,

$W(B>k)$ bzw. $W(B\geq k)$ ist die Wahrscheinlichkeit, daß der Bedarf einer Teilperiode größer bzw. größer oder gleich k Mengeneinheiten ist,

$W(B<k)$ bzw. $W(B\leq k)$ ist die Wahrscheinlichkeit, daß der Bedarf einer Teilperiode kleiner bzw. kleiner oder gleich k Mengeneinheiten ist.

Stochastische Abhängigkeiten zwischen den Bedarfsmengen aufeinanderfolgender Teilperioden werden nicht berücksichtigt. Da ein Krankenhaus i.a. daran interessiert ist, langfristig eine wirtschaftliche Versorgung mit Arzneimitteln sicherzustellen, gehen die folgenden Überlegungen von einer langfristigen Betrachtung aus, d.h. es wird angenommen, daß der Planungszeitraum lang und damit die Anzahl der Teilperioden des Planungszeitraums groß ist.

Das Bestellverhalten, das bei der Vorgehensweise 1 zur Anwendung kommt, kann durch zwei Zahlen, nämlich die Meldemenge XK und die Bestellmenge XQ, eindeutig beschrieben werden[1]: Am Anfang einer Teilperiode wird eine Bestellung von XQ Mengeneinheiten aufgegeben, wenn der Lagerbestand xe_{i-1} am Ende der Vorperiode unter die Meldemenge XK abgesunken ist[2]. Gilt dagegen $xe_{i-1} \geq XK$, wird keine Bestellung aufgegeben (Abb. 10).

---

1 Ähnliche Bestellregeln werden häufig auch two-bin-Politik genannt. Vgl. zur two-bin-Politik z.B. A. Vazsonyi (1962), S. 300, K. Fäßler, P.U. Kupsch (1972), S. 232. Zur Problematik einer derartigen Bestellpolitik vgl. G. Hadley, T.M. Whitin (1963), S. 159 ff. Normalerweise setzt die Anwendung einer two-bin-Politik voraus, daß eine kontinuierliche Lagerbestandskontrolle erfolgt und die Aufgabe von Bestellungen zu jedem Zeitpunkt möglich ist. In diesem Fall dient die Meldemenge zur Überbrückung einer Lieferfrist. Unter den Modellprämissen, die der Vorgehensweise 1 zugrunde liegt, treten keine Lieferfristen auf, doch können nur am Anfang der Teilperioden Bestellungen aufgegeben werden. Die Meldemenge dient hier zur Deckung des Bedarfs einer Teilperiode, d.h. zur Überbrückung des Zeitraums zwischen zwei möglichen Bestellzeitpunkten.

2 Es ist eine Frage der Definition, ob eine Bestellung aufgegeben wird, wenn der Lagerbestand mit der Meldemenge exakt übereinstimmt. Hier wird davon ausgegangen, daß erst ein Lagerbestand, der kleiner als die Meldemenge ist, zu einer Bestellung führt, um den Vergleich mit einer (s,S)-Politik, die im Abschnitt 324. beschrieben wird, zu erleichtern. Vgl. auch Abschnitt 325.

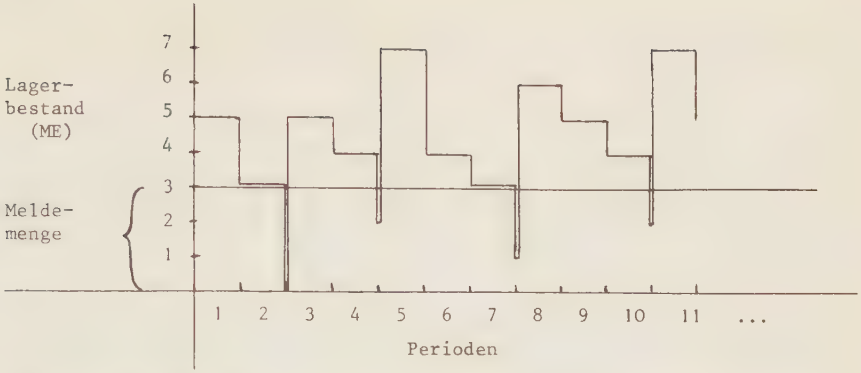


Abb. 10: Mögliche Entwicklung des Lagerbestandes unter den Modellprämissen, wenn die Meldemenge XK=3 ME und die Bestellmenge XQ=5 ME beträgt

Abb. 10 verdeutlicht, daß die Meldemenge XK die Aufgabe hat, Verknappungen zu vermeiden. Da nur am Anfang einer Teilperiode eine Bestellung aufgegeben werden kann, tritt u.U. eine Verknappung ein, wenn vor einer neuen Bestellung der Bedarf einer Teilperiode die Meldemenge übertrifft. Grundsätzlich können die Meldemengen und ebenso die Bestellmengen in verschiedenen Teilperioden des Planungszeitraums unterschiedlich groß sein. Da unter den angegebenen Modellprämissen in allen Teilperioden die gleiche Bedarfsverteilung und die gleichen Kostensätze gelten, wird im folgenden die gleiche Bestellmenge und die gleiche Meldemenge in allen Teilperioden verwendet. Wenn das beschriebene Bestellverhalten bei gegebenen Werten XK, XQ realisiert wird, gilt in jeder Teilperiode i für die Mengen Q_i, die am Anfang der Teilperiode bestellt werden, die Beziehung

$$(1) \qquad Q_i = \left\{ \begin{array}{l} 0 \quad \text{falls } xe_{i-1} \geq XK \\ XQ \quad \text{falls } xe_{i-1} < XK \end{array} \right\} \quad i=1,\ldots,n.$$

Eine Bestellpolitik der beschriebenen Art wird in vielen Apotheken auch außerhalb des Krankenhauses angewendet. Häufig wird dabei an der Stelle, an der ein Präparat lagert, auf einem befestigten Zettel die Meldemenge und die Bestellmenge deutlich sichtbar angegeben. Es ist dann einfach, bei der Entnahme eines Präparats kurz zu prüfen, ob der Bestand die Meldemenge unterschritten hat. Der zu diesem Zweck notwendige Zeitaufwand ist gering. Denn da die Meldemenge i.d.R. klein ist, kann meistens mit einem Blick festgestellt werden, ob der Lagerbestand größer oder kleiner als die Meldemenge ist. Nach einer Arzneimittelausgabe brauchen die Bestände der Präparate, bei denen kein Lagerabgang erfolgt ist, nicht kontrolliert zu wer-

den, da der Bestand eines Präparats nur durch einen Lagerabgang unter die Meldemenge absinken kann.

Im folgenden stellt sich die Aufgabe, bei gegebenen Kostensätzen und gegebener Wahrscheinlichkeitsverteilung[1] des Bedarfs die Bestellmenge XQ und die Meldemenge XK so festzulegen, daß der Erwartungswert der Gesamtkosten der Lagerhaltung im Planungszeitraum möglichst niedrig liegt[2]. Die Berechnung der Mengen XQ und XK erfolgt in zwei Schritten: Zunächst wird die Bestellmenge XQ, im Anschluß daran die Meldemenge XK bestimmt.

Bei den folgenden Überlegungen haben die Erwartungswerte von Zufallsgrößen eine erhebliche Bedeutung. Um die Darstellung zu erleichtern, wird der Erwartungswert einer Zufallsgröße auch erwarteter Wert der Zufallsgröße genannt. Es wird z.B. einfach von den erwarteten Kosten einer Periode anstatt von dem Erwartungswert der Kosten der Periode gesprochen.

3232. Die Ableitung der Bestellmenge

Zusätzlich zu den im Abschnitt 322. erläuterten Symbolen werden zur Beschreibung des Vorgehens bei der Ableitung der Bestell- und Meldemenge in diesem und im nächsten Abschnitt die nachstehenden Bezeichnungen gebraucht:

Bezeichnungen:

XK - Meldemenge. Dim.: /¯ME_7.

XQ - Bestellmenge. Dim.: /¯ME_7.

L - Länge des Planungszeitraums. Dim.: /¯PE_7. Es gilt L = n Teilperioden[3].

---

1 Die Wahrscheinlichkeitsverteilung des Bedarfs wird später zur Ableitung der Meldemenge benötigt. Zur Berechnung der Bestellmenge nach der Vorgehensweise 1 reicht es dagegen aus, wenn die durchschnittliche Höhe des Bedarfs pro Teilperiode bekannt ist.

2 Da langfristige Überlegungen angestellt werden, ist es zur Bestimmung von XK und XQ nicht notwendig, die Länge des Planungszeitraums explizit festzulegen. Bei kurzfristiger Betrachtung müßte dagegen die Länge des Planungszeitraums berücksichtigt werden, da in diesem Fall das Ende des Planungszeitraums einen erheblichen Einfluß auf die Planung der Bestellentscheidungen ausüben kann.

3 Während n die Anzahl der Teilperioden des Planungszeitraums bezeichnet und damit dimensionslos ist, hat die Länge des Planungszeitraums die Dimension "Teilperiode".

$\overline{XA}$ - erwarteter durchschnittlicher Lagerbestand[1] des Planungszeitraums. Dim.: /¯ME_7.

$\overline{KL}$ - Erwartungswert der Lagerhaltungskosten des Planungszeitraums. Dim.: /¯GE_7.

$\overline{KB}$ - Erwartungswert der Bestellkosten des Planungszeitraums. Dim.: /¯GE_7.

$\overline{K}$ - Erwartungswert der Gesamtkosten der Lagerhaltung des Planungszeitraums. Dim.: /¯GE_7.

$\bar{B}$ - Erwartungswert des Bedarfs pro Teilperiode. Dim.:[2] /¯ME/PE_7. $\bar{B}$ kann aus der gegebenen Wahrscheinlichkeitsverteilung des Bedarfs einer Teilperiode abgeleitet werden[3].

$\overline{BP}$ - Erwartungswert des Gesamtbedarfs des Planungszeitraums. Dim.: /¯ME_7.

VS - durch VS werden Mindestanforderungen an die Versorgungssicherheit beschrieben. VS ist eine obere Grenze für die erwartete Anzahl der Verknappungen im Planungszeitraum und muß gegeben sein, wenn eine Verknappung des Präparats zu einer Beeinträchtigung des Versorgungsniveaus führt. VS gehört dann zu den Modelldaten[4].

P - Einstandspreis des Präparats. Dim.: /¯GE/ME_7

I - Zinssatz pro Teilperiode zur Berechnung der Kapitalbindungskosten. Dim.: /¯1/PE_7.

R - kontinuierliche Variable, durch die die Bestellmenge XQ ersetzt wird. Dim.: /¯ME_7.

Zur Berechnung der Bestellmenge XQ werden zunächst die erwarteten Lagerhaltungs- und Bestellkosten des Planungszeitraums bei einer Anwendung der beschriebenen Bestellpolitik für gegebene Werte XK, XQ näherungsweise abgeleitet.

Wenn der Lageranfangsbestand xe_0 die Ungleichung $xe_0 < XK + XQ$ erfüllt, gilt unter den gesetzten Prämissen in allen Teilperioden i für den Lagerbestand xa_i die Ungleichung

---

1 Es ist hier sinnvoll, von dem erwarteten durchschnittlichen Lagerbestand des Planungszeitraums zu sprechen, da wegen des stochastischen Bedarfs der durchschnittliche Lagerbestand, der sich in einem endlichen Planungszeitraum ergibt, zufallsabhängig ist.

2 Zur Dimension von $\bar{B}$ vgl. die Fußnote zur Dimension von B_i im Abschnitt 322., S. 61.

3 Ein brauchbarer Näherungswert für $\bar{B}$ ist häufig der in der Vergangenheit aufgetretene durchschnittliche Bedarf pro Teilperiode.

4 Durch die Größe VS ist es möglich, einen Teilaspekt des Versorgungsniveaus - nämlich die Versorgungssicherheit - operational festzulegen.

(1) $xa_i < XK + XQ, \qquad i=1,\ldots,n,$

da erst eine Bestellung aufgegeben wird, wenn der Lagerbestand am Ende der Vorperiode kleiner als die Meldemenge XK ist. Wenn ferner die Bestellmenge XQ so groß ist, daß der Lagerbestand nach einer Lieferung in jedem Fall die Meldemenge XK wenigstens erreicht[1], gilt für die xa_i

(2) $xa_i \geq XK, \qquad i=1,\ldots,n.$

Aus (1) und (2) ergibt sich[2]

(3) $XK \leq xa_i < XK + XQ, \qquad i=1,\ldots,n.$

Da der Lagerbestand xa_i einer Teilperiode i nach (3) zwischen XK und XK + XQ liegt[3], kann der erwartete durchschnittliche Lagerbestand des Planungszeitraums ($\overline{XA}$) durch den Mittelwert XK + XQ/2 approximiert werden[4].

(4) $\overline{XA} = XK + XQ/2.$

Für den Erwartungswert der Lagerhaltungskosten ergibt sich aus (4)

(5) $\overline{KL} = \overline{XA} \cdot cl \cdot L = (XK + XQ/2) \cdot cl \cdot L.$

Der im Planungszeitraum erwartete Gesamtbedarf $\overline{BP}$ ist gleich dem Produkt aus dem Erwartungswert des Bedarfs pro Teilperiode ($\bar{B}$) und der Länge des Planungszeitraums (L).

---

1 Diese Bedingung ist z.B. erfüllt, wenn für XK, XQ die Ungleichung $XQ \geq XK$ gilt.

2 Die Ungleichung (3) gilt nicht mehr, wenn beim Bezug von Präparaten Lieferfristen auftreten und im Modell berücksichtigt werden.

3 Vgl. auch Abb. 10 (S. 67).

4 Der durchschnittliche Lagerbestand liegt hier höher als in den üblichen two-bin-Systemen: Bei der Anwendung einer two-bin-Politik wird in der Regel davon ausgegangen, daß zu beliebigen Zeitpunkten eine Bestellung aufgegeben werden kann. Die Meldemenge dient dann zur Überbrückung der Lieferfrist (vgl. S. 66, Anmerkung 1). Der durchschnittliche Lagerbestand ist in einem derartigen two-bin-System gleich der Summe aus dem Sicherheitsbestand und der halben Bestellmenge. Vgl. hierzu G. Hadley, T.M. Whitin (1963), S. 165. Der durch (4) dargestellt durchschnittliche Lagerbestand ist höher, da unter den angenommenen Prämissen nach einer Bestellung sofort geliefert wird und der Lagerabgang erst am Ende einer Teilperiode erfolgt.

(6) $$\overline{BP} = \bar{B} \cdot L.$$

Zur Berechnung der erwarteten Anzahl der Bestellungen im Planungszeitraum wird $\overline{BP}$ durch die Bestellmenge XQ dividiert[1]. Hieraus ergibt sich für die im Planungszeitraum erwarteten Bestellkosten $\overline{KB}$ die Beziehung

(7) $$\overline{KB} = cb \cdot \overline{BP}/XQ = cb \cdot L \cdot \bar{B}/XQ.$$

Wenn die Fehlmengenkosten in Relation zu den Bestell- und Lagerhaltungskosten gering sind, kann der Erwartungswert der Gesamtkosten der Lagerhaltung des Planungszeitraums ($\bar{K}$) durch Summation von (5) und (7) approximiert werden.

(8) $$\bar{K} = (XK + XQ/2) \cdot cl \cdot L + cb \cdot L \cdot \bar{B}/XQ.$$

Da durch (8) die erwarteten Gesamtkosten der Lagerhaltung des Planungszeitraums nur approximiert und nicht exakt berechnet werden, ist eine mit Hilfe von (8) abgeleitete Bestellmenge XQ i.a. nicht optimal, d.h. sie führt nicht zur Minimierung der erwarteten Gesamtkosten der Lagerhaltung. Dafür hat die einfache, approximative Darstellung der erwarteten Gesamtkosten in (8) den Vorteil, daß die Berechnung einer Bestellmenge XQ wesentlich erleichtert wird und nur mit niedrigen Datenverarbeitungskosten verbunden ist. Es sind jedoch die folgenden Annahmen, die bei der Ableitung von (8) gemacht wurden, zu berücksichtigen:

1) Die Bestellmenge XQ muß so groß sein, daß der Lagerbestand nach einer Lieferung größer oder gleich der Meldemenge XK ist.
2) Die Fehlmengenkosten müssen in Relation zu den Bestell- und Lagerhaltungskosten niedrig sein.

Wenn nach der Berechnung der Bestell- und Meldemenge festgestellt wird, daß diese Annahmen nicht erfüllt sind, ist die Anwendung des abgeleiteten Bestellverhaltens fragwürdig.

---

1 Da es sich um eine langfristige Betrachtung handelt, braucht der Einfluß, den der Lageranfangsbestand xe_0 auf die Anzahl der Bestellungen ausübt, nicht berücksicht zu werden. Es wird ferner vernachlässigt, daß bei Verknappungen Bedarf verloren geht.

Die Bestellmenge XQ soll so bestimmt werden, daß die in Abhängigkeit von XQ durch die Gleichung (8) dargestellte Größe $\bar{K}$ klein wird. Bei der Berechnung der Bestellmenge wird im folgenden vernachlässigt, daß nur am Anfang der Teilperioden die Möglichkeit besteht, Bestellungen aufzugeben[1]. Um Methoden der Differentialrechnung anwenden zu können, wird die diskrete Variable XQ in (8) durch die kontinuierliche Variable R ersetzt und die folgende Funktion definiert:

$$f(R) = (XK + R/2) \cdot cl \cdot L + cb \cdot L \cdot \bar{B}/R. \tag{9}$$

Gesucht ist eine Zahl R_{min}, durch die die Funktion im Bereich der positiven Zahlen minimiert wird, d.h.

$$f(R_{min}) = \min_{R>0} f(R). \tag{10}$$

Zur Bestimmung von R_{min} wird die Funktion abgeleitet und gleich Null gesetzt.

$$f'(R) = cl \cdot L/2 - cb \cdot L \cdot \bar{B}/R^2, \tag{11}$$

$$0 = cl \cdot L/2 - cb \cdot L \cdot \bar{B}/R_{min}^2.$$

$$R_{min} = \sqrt{\frac{2 \cdot \bar{B} \cdot cb}{cl}}. \tag{12}$$

Da die zweite Ableitung

$$f''(R) = 2 \cdot cb \cdot L \cdot \bar{B}/R^3 \tag{13}$$

für alle $R > 0$ positiv ist, erfüllt R_{min} die Beziehung (10)[2].

---

1 Dieses Vorgehen ist vertretbar, da ein stochastischer Bedarf vorliegt und die Anzahl der Teilperioden, deren Bedarf durch die Bestellmenge im Durchschnitt gedeckt werden kann, i.d.R. groß ist. Wenn z.B. die Bestellmenge im Durchschnitt den Bedarf von 20,5 Teilperioden deckt, ist es wegen der Zufallsabhängigkeit des Bedarfs nicht notwendig, die Bestellmenge an den durchschnittlichen Bedarf von 20 oder 21 Teilperioden exakt anzupassen.

2 Vgl. zu dieser Argumentation G. Hadley, T.M. Whitin (1963), S. 34.

Die Formel (12) ist in der angegebenen oder in leicht abgewandelter Form in der Lagerhaltungstheorie sehr bekannt und Gegenstand zahlreicher Untersuchungen[1].

Da R_{min} i.a. keine ganze Zahl ist, muß R_{min} zur Ableitung von XQ auf- oder abgerundet werden. Meistens ist das Aufrunden von R_{min} vorteilhafter als das Abrunden, da die Funktionswerte f(R) (vgl. (9)) bei einer Vergrößerung von R im Bereich $R \geq R_{min}$ langsamer ansteigen als bei einer entsprechenden Verkleinerung von R im Bereich $R \leq R_{min}$.[2]

Beispiel:

In einem Krankenhaus findet täglich eine Arzneimittelausgabe statt, d.h. die Länge einer Teilperiode beträgt ein Tag. Als Geldeinheit wird eine DM verwendet. Die Lagerhaltungskosten eines Präparats sind durch die Kapitalbindungskosten gegeben. Jährlich fallen Kapitalbindungskosten von 10 % des gebundenen Kapitals an. Der Zinssatz I zur Berechnung der Kapitalbindungskosten pro Teilperiode kann dann auf folgende Weise in guter Näherung abgeleitet werden[3]:

$$I = 0{,}1/365\ [1/PE] = 0{,}000274\ [1/PE].$$

Es ist ferner die folgende Datensituation gegeben:

$$P = 2\ [DM/ME],\ cb = 10\ [DM],\ \bar{B} = 7\ [ME/PE].$$

Der Lagerhaltungskostensatz cl berechnet sich durch Multiplikation des Preises P mit dem Zinssatz I:

$$cl = P \cdot I = 0{,}000548\ [DM/(ME \cdot PE)].$$

Es folgt

---

1 Vgl. z.B. W. Busse von Colbe (1972), S. 282 ff., K. Fäßler, P.U. Kupsch (1972), S. 214 ff., G. Hadley, T.M. Whitin (1963), S. 29 ff., E. Naddor (1971), S. 25 und S. 54 ff., W. von Zwehl (1973), S. 5 ff.

2 Vgl. zum Rundungsproblem auch W. von Zwehl (1973), S. 143 ff. Durch die Vergrößerung der Bestellmenge beim Aufrunden wird ferner die wegen des stochastischen Bedarfs bedeutsame Versorgungssicherheit geringfügig verbessert.

3 Bei der Berechnung von I werden in dem Beispiel zur Vereinfachung Zinseszinsen vernachlässigt.

$$R_{min} = \sqrt{\frac{2 \cdot \bar{B} \cdot cb}{ct}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 7 \cdot 10}{0{,}2/365}} \; / \bar{}ME_/ = \sqrt{255500} \; / \bar{}ME_/ = 505{,}5 \; / \bar{}ME_/.$$

Durch Aufrunden ergibt sich eine Bestellmenge von XQ = 506 Mengeneinheiten.

Das beschriebene Vorgehen zur Ableitung der Bestellmenge XQ kann auch dann angewendet werden, wenn beim Einkauf eines Präparats "Verpackungsrestriktionen" zu berücksichtigen sind. I.d.R. werden nicht einzelne Mengeneinheiten, sondern Klinikpackungen eines Präparats bestellt. Wenn eine Klinikpackung kme Mengeneinheiten eines Präparats enthält und das Präparat in Klinikpackungen eingekauft werden soll, muß die in Mengeneinheiten angegebene Bestellmenge XQ ein ganzzahliges Vielfaches von kme sein, damit sie realisiert werden kann. In diesem Fall ist es zur Ableitung von XQ notwendig, die Größe R_{min} auf eine realisierbare Bestellmenge auf- oder abzurunden. Dies kann z.B. dadurch geschehen, daß R_{min} auf die Maßeinheit Klinikpackungen (PA) umgerechnet und wie bisher auf eine ganze Zahl gerundet wird.

Beispiel:

Im letzten Beispiel war $R_{min} = 505{,}5$ /ME/. Es wird jetzt angenommen, daß das Präparat in Klinikpackungen eingekauft wird und eine Klinikpackung 40 Mengeneinheiten enthält. Durch Umrechnung von R_{min} auf die Maßeinheit Klinikpackungen (PA) ergibt sich

$$R_{min} = 505{,}5 \; / \bar{}ME_/ = 505{,}5/40 \; / \bar{}PA_/ = 12{,}638 \; / \bar{}PA_/.$$

Durch Aufrunden von R_{min} wird eine realisierbare Bestellmenge XQ von 13 Klinikpackungen oder 520 Mengeneinheiten abgeleitet.

3233. Die Ableitung der Meldemenge

Die Aufgabe der Meldemenge XK ist die Vermeidung von Verknappungen. Zur Ableitung von XK wird deshalb zunächst untersucht, wann unter den Modellbedingungen Verknappungen auftreten können.

Wenn der am Ende einer Teilperiode wirksam werdende Bedarf den Lagerbestand nicht übertrifft, wird er vollständig gedeckt. Da der Lagerbestand vor dem Lagerabgang am Ende einer Teilperiode nie kleiner als die Meldemenge ist[1], kann der Bedarf einer Teilperiode in jedem Fall gedeckt werden, wenn er

1 Vgl. Ungleichung (2) im Abschnitt 3232. (S. 70).

die Meldemenge nicht übertrifft. Eine Verknappung kann deshalb nur auftreten, wenn am Ende eines Bestellzyklus der Bedarf B einer Teilperiode größer als die Meldemenge XK ist. Die Wahrscheinlichkeit hierfür wird formal durch

$$(1) \qquad W(B > XK) = W(B \geq XK + 1)$$

beschrieben. Der Ausdruck (1) soll im folgenden als Approximation für die Wahrscheinlichkeit einer Verknappung zwischen zwei Bestellungen verwendet werden.

Die erwartete Anzahl der Bestellungen im Planungszeitraum ist durch[1]

$$(2) \qquad L \cdot \bar{B}/XQ$$

gegeben. Die erwartete Anzahl von Verknappungen in einem Zeitraum kann durch Multiplikation der Wahrscheinlichkeit einer Verknappung zwischen zwei Bestellungen und der Anzahl der in dem Zeitraum aufgegebenen Bestellungen berechnet werden.

Beispiel:
Die Wahrscheinlichkeit einer Verknappung zwischen zwei Bestellungen beträgt 0,2. Pro Jahr werden 10 Bestellungen aufgegeben. In dieser Situation muß mit $0{,}2 \cdot 10 = 2$ Verknappungen pro Jahr gerechnet werden.

Formal ergibt sich für die erwartete Anzahl von Verknappungen im Planungszeitraum durch die Multiplikation von (1) und (2):

$$(3) \qquad W(B \geq XK + 1) \cdot L \cdot \bar{B}/XQ.$$

Der Ausdruck (3) ist im weiteren Grundlage für die Ableitung der Meldemenge XK. Es müssen zwei Fälle unterschieden werden:

1) Es sind Mindestanforderungen an die Versorgungssicherheit gegeben.
2) Eine Verknappung führt zu zusätzlichen Kosten von cf Geldeinheiten pro fehlender Mengeneinheit.

Zunächst wird der Fall 1) behandelt.

---

1 Vgl. auch Beziehung (7) im Abschnitt 3232. (S. 71).

Mindestanforderungen an die Versorgungssicherheit können durch eine obere Grenze VS für die erwartete Anzahl der Verknappungen im Planungszeitraum beschrieben werden[1]. Bei einer Verwendung der Approximation (3) muß in diesem Fall die Meldemenge XK die Ungleichung

$$(4) \qquad W(B \geq XK + 1) \cdot L \cdot \bar{B}/XQ \leq VS$$

erfüllen. Durch Umformung folgt aus (4)

$$(5) \qquad W(B \geq XK + 1) \leq XQ \cdot VS/(L \cdot \bar{B}).$$

Um die Lagerhaltungskosten niedrig zu halten, wird als Meldemenge die kleinste ganze Zahl gewählt, für die (5) erfüllt ist, wobei zusätzlich verlangt wird, daß $XK \geq 1$ gilt, damit in jedem Fall eine Bestellung aufgegeben wird, wenn der Lagerbestand auf Null abgesunken ist.

Der Ausdruck (3) kann auch zur Berechnung der Meldemenge herangezogen werden, wenn eine Verknappung zu zusätzlichen Kosten von cf Geldeinheiten pro Mengeneinheit führt. Im folgenden wird zunächst genauer untersucht, welche Auswirkungen in diesem Fall eine Vergrößerung der Meldemenge auf die Lagerhaltungskosten und die Fehlmengenkosten hat.

Bei einer Vergrößerung der Meldemenge XK um eine Mengeneinheit steigt der durchschnittliche Lagerbestand $\overline{XA}$ ebenfalls um eine Mengeneinheit[2]. Hieraus ergibt sich eine Erhöhung der erwarteten Lagerhaltungskosten des Planungszeitraums um[3]

$$(6) \qquad cl \cdot L \cdot 1 \,/\, \overline{ME} \,/.$$

---

1 Manchmal wird auch die Wahrscheinlichkeit einer Verknappung in einem Zeitraum zur Beschreibung der Versorgungssicherheit verwendet. Vgl. z.B. A. Vazsonyi (1962), S. 303. Ein derartiges Vorgehen ist jedoch nicht mehr sinnvoll, wenn in dem betrachteten Zeitraum mehrere Verknappungen auftreten können. Denn da die Wahrscheinlichkeit einer Verknappung immer kleiner oder gleich 1 ist, kann sie in diesem Fall die Versorgungssicherheit nicht realistisch beschreiben.

2 Da Fehlmengen auftreten können, steigt der durchschnittliche Lagerbestand $\overline{XA}$ nicht exakt um eine Mengeneinheit. Der Einfluß der Fehlmengen auf den durchschnittlichen Lagerbestand wird jedoch vernachlässigt, da i.a. nur selten Verknappungen eintreten.

3 Vgl. auch (5) im Abschnitt 3232. (S. 70).

Gleichzeitig sind bei Verknappungen die Fehlmengen im Durchschnitt um eine Mengeneinheit kleiner, wenn die Meldemenge XK um eine Mengeneinheit vergrößert wird. Die Verkleinerung einer Fehlmenge um eine Mengeneinheit bewirkt eine Senkung der Fehlmengenkosten um $cf \cdot 1$ $\overline{/ME/}$. Durch die Vergrößerung der Meldemenge um eine Mengeneinheit sinken folglich die Fehlmengenkosten pro Verknappung um $cf \cdot 1$ $\overline{/ME/}$. Durch Multiplikation mit der erwarteten Anzahl der Verknappungen im Planungszeitraum (3) ergibt sich die Reduktion des Erwartungswertes der Fehlmengenkosten des Planungszeitraums:

$$(7) \qquad W(B \geq XK + 1) \cdot \frac{L \cdot \bar{B} \cdot cf}{XQ} \overline{/ME/}.$$

Die Meldemenge XK kann jetzt durch folgende Oberlegungen bestimmt werden: Eine Vergrößerung der Meldemenge bewirkt eine Erhöhung der Lagerhaltungskosten und eine Senkung der Fehlmengenkosten und ist sinnvoll, wenn die Reduzierung der Fehlmengenkosten die Erhöhung der Lagerhaltungskosten übertrifft. Eine Senkung der erwarteten Gesamtkosten der Lagerhaltung des Planungszeitraums kann jedoch durch eine Vergrößerung der Meldemenge nicht mehr erreicht werden, wenn durch die Reduktion der erwarteten Fehlmengenkosten (7) die Erhöhung der erwarteten Lagerhaltungskosten (6) nicht kompensiert wird, d.h. wenn die Ungleichung

$$(8) \qquad W(B \geq XK + 1) \cdot \frac{L \cdot \bar{B} \cdot cf}{XQ} \overline{/ME/} \leq cl \cdot L \overline{/ME/}$$

erfüllt ist. Aus (8) ergibt sich durch Umformung[1]

$$(9) \qquad W(B \geq XK + 1) \leq \frac{cl \cdot XQ}{cf \cdot \bar{B}}.$$

Als Meldemenge wird wieder die kleinste ganze Zahl $XK \geq 1$ gewählt, für die (9) erfüllt ist.

Mit Hilfe der Ungleichung (9) kann gezeigt werden, welche Auswirkungen Variationen von cl, cf, $\bar{B}$ und XQ auf die Meldemenge haben. Eine Verkleinerung von XK bewirkt eine Vergrößerung der Wahrscheinlichkeit $W(B \geq XK+1)$.

---

1 Ähnliche Formeln ergeben sich im üblichen two-bin-System bei kontinuierlichem Bedarf. Vgl. zu (9) G. Hadley, T.M. Whitin (1963), S. 167, Formel (4-13) und S. 169, Formel (4-22). Die Ungleichung (9) wird im kontinuierlichen Fall zu einer Gleichung. Unter der in diesem Abschnitt geltenden Prämisse eines diskreten Bedarfs kann in (9) i.a. keine Gleichheit erreicht werden.

Unter Berücksichtigung der Ungleichung (9) ergibt sich folglich eine kleine Meldemenge XK, wenn der Ausdruck $(cl \cdot XQ)/(cf \cdot \bar{B})$ groß ist, d.h. ein hoher Lagerhaltungskostensatz cl, eine große Bestellmenge XQ, ein kleiner Fehlmengenkostensatz cf und ein niedriger durchschnittlicher Bedarf $\bar{B}$ führen zu einer kleinen Meldemenge. Insbesondere zeigt der Vergleich von (5) und (9) einen Zusammenhang zwischen der Versorgungssicherheit und dem Fehlmengen- und Lagerhaltungskostensatz. Die Ungleichungen (5) und (9) stimmen überein, wenn

(10) $$VS = L \cdot cl/cf$$

gilt. Folglich kann durch eine Meldemenge XK, die auf die beschriebene Weise für einen gegebenen Lagerhaltungskostensatz cl und einen gegebenen Fehlmengenkostensatz cf abgeleitet wird, i.a. sichergestellt werden, daß die erwartete Anzahl der Verknappungen im Planungszeitraum nicht größer als $VS = L \cdot cl/cf$ ist.

Die Ableitung der Ungleichungen (5) und (9) erfolgte unter der Voraussetzung, daß keine Lieferfristen auftreten. Diese Voraussetzung ist realistisch, wenn in einer Krankenhausapotheke nach einer Bestellung die Lieferung vor der nächsten Arzneimittelausgabe erfolgt[1]. Im folgenden soll gezeigt werden, daß auch dann, wenn eine Lieferfrist berücksichtigt werden muß, die Berechnung der Meldemenge XK mit Hilfe der Ungleichungen (5) bzw. (9) möglich ist.

Unter den Modellprämissen hängt die Größe der Meldemenge von der Verteilung des Bedarfs *einer* Teilperiode ab, da am Anfang jeder Teilperiode die Aufgabe von Bestellungen möglich ist. Zur Berechnung der Meldemenge wird folglich in (5) und (9) die Wahrscheinlichkeitsverteilung W des Bedarfs einer Teilperiode verwendet. Wenn dagegen eine Lieferfrist auftritt, hängt die Größe der Meldemenge von der Verteilung des Gesamtbedarfs ab, der in einer Teilperiode und während der Lieferfrist wirksam wird. Die Ungleichungen (5) und (9) können in diesem Fall zur Ableitung der Meldemenge verwendet werden, wenn die Wahrscheinlichkeitsverteilung W die Verteilung des Gesamtbedarfs beschreibt, von dem die Meldemenge abhängt. Wenn z.B. die Lieferfrist eine Teilperiode beträgt, muß W die Verteilung des Gesamtbedarfs von zwei Teilperioden angeben.

1 Vgl. hierzu Abschnitt 322.

Bei der Ableitung des Bestellverhaltens in diesem Abschnitt sind die Erwartungswerte verschiedener, zufallsabhängiger Größen nicht exakt berechnet, sondern nur approximiert worden. Es muß deshalb geprüft werden, inwieweit die Approximationen die Effektivität der Vorgehensweise 1 beeinträchtigen. Im nächsten Abschnitt wird mit Hilfe von Beispielen gezeigt, wie die Vorgehensweise 1 angewendet werden kann und welche Kosten sich unter den Modellprämissen in verschiedenen Datensituationen ergeben. Später wird untersucht[1], wie stark die erwarteten Gesamtkosten der Lagerhaltung sinken, wenn an Stelle der hier abgeleiteten Politik ein unter den Modellprämissen optimales Bestellverhalten zur Anwendung kommt. Die Brauchbarkeit der Vorgehensweise 1 in der Krankenhausapotheke wird schließlich unter realistischen Prämissen durch eine Simulation der Arzneimittelversorgung überprüft[2].

3234. Beispiele für die Anwendung der Vorgehensweise

Durch Beispiele soll gezeigt werden, zu welchen Bestellparametern und Kosten die Anwendung der Vorgehensweise 1 in verschiedenen Datensituationen führt. Bei den Berechnungen werden die Modellprämissen des Abschnitts 322. zugrunde gelegt. Es wird ferner angenommen, daß der Bedarf einer Teilperiode Poisson-verteilt ist[3]. Wegen dieser Annahme ist die Bedarfsverteilung einer Teilperiode gegeben, wenn der Erwartungswert des Bedarfs pro Teilperiode ($\bar{B}$) bekannt ist, da eine Poisson-Verteilung durch ihren Erwartungswert eindeutig charakterisiert wird.

Die erwarteten Kosten des Planungszeitraums hängen von der Länge des Planungszeitraums ab. Dagegen sind bei langfristiger Betrachtung die durchschnittlichen Kosten pro Teilperiode[4] von der Länge des Planungszeitraums

---

1 Vgl. Abschnitt 325.

2 Vgl. Abschnitt 346.

3 Vgl. zur Poisson-Verteilung z.B. G. Hadley, T.M. Whitin (1963), S. 136 ff., G. Menges (1972), S. 232 ff., T. Yamane (1976), S. 627 ff. Für eine Poisson-verteilte Zufallsgröße X mit dem Erwartungswert a gilt

$$W(X=k) = e^{-a} \cdot \frac{a^k}{k!} \quad \text{für } k=0,1,2,\ldots$$

Die Poisson-Verteilung hat eine große Bedeutung, da die Verteilung praktisch auftretender Zufallsgrößen oft durch eine Poisson-Verteilung näherungsweise beschrieben werden kann. Vgl. z.B. M. Fisz (1965), S. 126-128, T. Yamane (1976), S. 627.

4 Die durchschnittlichen Kosten pro Teilperiode ergeben sich, wenn der Erwartungswert der Kosten des Planungszeitraums durch die Anzahl der Teilperioden des Planungszeitraums dividiert wird.

unabhängig. Da gezeigt werden soll, welche Kosten langfristig unter den Modellprämissen bei einer Anwendung der Vorgehensweise 1 entstehen, werden in den folgenden Beispielen die durchschnittlichen Bestell-, Fehlmengen- und Lagerhaltungskosten pro Teilperiode berechnet.

Es stellt sich das Problem, auf welche Weise die unter den angenommenen Prämissen auftretenden Kosten berechnet werden können. Bei der Ableitung der Bestellmenge im Abschnitt 3232. sind die erwarteten Lagerhaltungskosten, Bestellkosten und Gesamtkosten der Lagerhaltung des Planungszeitraums approximiert worden[1]. Zur *exakten* Ableitung der erwarteten Kosten, die sich bei der Anwendung einer nach der Vorgehensweise 1 abgeleiteten Bestellpolitik unter den Modellprämissen ergeben, sind die Approximationen des Abschnitts 3232. jedoch nicht brauchbar. Zu diesem Zweck muß vielmehr auf die Gleichungen (3), (4), (5) und (6) des Abschnitts 322. (S. 63) zurückgegriffen werden, die die Kosten einer Teilperiode in Abhängigkeit von der Bestellmenge, dem Lagerbestand und dem Bedarf der Teilperiode darstellen. Auch mit Hilfe dieser Gleichungen ist eine direkte Berechnung der erwarteten Kosten nicht ohne weiteres möglich, da der Bedarf zufallsabhängig ist und damit sowohl der Bedarf als auch der Lagerbestand einer Teilperiode nicht sicher vorhergesagt werden können. Es gibt jedoch Verfahren, die eine genaue Berechnung der erwarteten Kosten unter Verwendung der Gleichungen des Abschnitt 322. ermöglichen[2]. Das in dieser Arbeit verwendete Verfahren entstammt der Theorie der Markov-Ketten und wird im Anhang beschrieben[3]. Da es für die Planung des Bestellverhaltens in der Krankenhausapotheke keine Bedeutung hat, soll es an dieser Stelle nicht weiter behandelt werden[4].

---

1 Vgl. die Beziehungen (5), (7) und (8) des Abschnitts 3232. (S. 70, 71).

2 Ein Verfahren zur Berechnung der erwarteten Kosten ist z.B. die Simulation. - Vgl. zur Simulation Abschnitt 34. - Die durchschnittlichen Periodenkosten können durch eine Simulation mit jeder gewünschten Genauigkeit berechnet werden, wenn der Simulationszeitraum ausreichend lang festgelegt wird.

3 Vgl. Anhang I. Zur Berechnung der erwarteten Kosten mit Hilfe dieses Verfahrens wurde das Computerprogramm KOS entwickelt. Vgl. zum Programm KOS ebenfalls Anhang I. Das Programm KOS und alle weiteren im Rahmen der vorliegenden Untersuchung entwickelten Computerprogramme sind in der Programmiersprache FORTRAN IV geschrieben. Vgl. zu dieser Programmiersprache z.B. G. Lamprecht (1970).

4 Zwar können Verfahren zur Berechnung der erwarteten Kosten bei gegebenem Bestellverhalten eine Planungshilfe sein, doch ist für diesen Zweck eine Simulation besser geeignet als das hier angewandte Verfahren, da durch Simulationsmodelle die Realität genauer abgebildet werden kann. Vgl. auch Abschnitt 34.

Da von einer langfristigen Betrachtung ausgegangen wird, entspricht der Erwartungswert des Bedarfs einer Teilperiode ($\bar{B}$) dem durchschnittlichen Bedarf pro Teilperiode.

Unter den angegebenen Annahmen hängen die durchschnittlichen Kosten pro Teilperiode von dem durchschnittlichen Bedarf $\bar{B}$ und den Kostensätzen c1, cf, cb ab. Tabelle 1 gibt die Bestellparameter und Kosten für $\bar{B}$ = 6,5 /ME/PE/, cf = 4 /GE/ME/, cb = 10 /GE/ und unterschiedliche Lagerhaltungskostensätze wieder[1]. Zur Vereinfachung ist in der Tabelle auf eine Angabe der Dimensionen der Größen verzichtet worden. In allen berechneten Beispielen sind die Fehlmengenkosten in Relation zu den Bestell- und Lagerhaltungskosten niedrig[2]. Ferner ist die Bestellmenge XQ in allen Fällen größer als die Meldemenge XK. Dadurch ist sichergestellt, daß bei einer Anwendung der Bestellparameter der Lagerbestand nach einer Bestellung und Lieferung die Meldemenge übertrifft.

Im folgenden wird für die Datensituation[3]

$$c1 = 0{,}03\ /GE/(ME \cdot PE)/,\ cf = 4\ /GE/ME/,\ cb = 10\ /GE/,$$
$$\bar{B} = 6{,}5\ /ME/PE/$$

exemplarisch gezeigt, wie die Bestellparameter XK, XQ berechnet und die Ergebnisse auf die Lagerhaltung eines Präparats angewendet werden können.

Nach der Formel (12) des Abschnitts 3232. (S. 72) gilt

$$R_{min} = \sqrt{\frac{2 \cdot \bar{B} \cdot cb}{c1}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 6{,}5 \cdot 10}{0{,}03}}\ /ME/ = \sqrt{4333{,}3}\ /ME/ = 65{,}83\ /ME/.$$

Durch Aufrunden ergibt sich eine Bestellmenge von XQ = 66 Mengeneinheiten.

Die Meldemenge XK ist die kleinste ganze Zahl, die die Ungleichung[4]

---

1 Die Berechnungen, deren Ergebnisse Tabelle 1 wiedergibt, wurden mit dem Computerprogramm KOS durchgeführt. Vgl. zum Programm KOS Anhang I.

2 Vgl. in Tabelle 1 die Spalte KFS mit den Spalten KLS und KBS.

3 Vgl. die eingerahmte Zeile in Tabelle 1.

4 Vgl. die Ungleichung (9) des Abschnitts 3233. (S. 77).

KOSTEN UND BESTELLPARAMETER FUER UNTERSCHIEDLICHE LAGERHALTUNGSKOSTENSAETZE

CL	XK,XQ	KLS	KFS	KBS	KS
1.000	7, 12	12.578	0.559	5.300	18.436
0.900	7, 13	11.748	0.528	4.898	17.174
0.800	7, 13	10.443	0.528	4.898	15.869
0.700	7, 14	9.476	0.494	4.554	14.525
0.600	7, 15	8.423	0.460	4.257	13.139
0.500	8, 17	8.011	0.221	3.791	12.023
0.400	8, 19	6.814	0.197	3.395	10.406
0.300	8, 21	5.411	0.179	3.074	8.664
0.200	9, 26	4.304	0.075	2.493	6.871
0.100	9, 37	2.703	0.053	1.753	4.508
0.090	9, 39	2.522	0.050	1.663	4.236
0.080	9, 41	2.322	0.048	1.582	3.952
0.070	10, 44	2.206	0.022	1.476	3.703
0.060	10, 47	1.981	0.020	1.382	3.383
0.050	10, 51	1.751	0.019	1.274	3.043
0.040	10, 58	1.540	0.016	1.120	2.677
0.030	10, 66	1.275	0.014	0.984	2.274

DIE SONSTIGE DATENSITUATION: CF = 4.000 CB = 10.00 $\overline{B}$ = 6.50

ERKLAERUNG DER ABKUERZUNGEN:
CL - LAGERHALTUNGSKOSTENSATZ CF - FEHLMENGENKOSTENSATZ CB - BESTELLKOSTENSATZ
$\overline{B}$ - DURCHSCHNITTLICHER BEDARF PRO TEILPERIODE
XK,XQ - MELDEMENGE, BESTELLMENGE
KLS - DURCHSCHNITTLICHE LAGERHALTUNGSKOSTEN PRO TEILPERIODE
KFS - DURCHSCHNITTLICHE FEHLMENGENKOSTEN PRO TEILPERIODE
KBS - DURCHSCHNITTLICHE BESTELLKOSTEN PRO TEILPERIODE
KS - DURCHSCHNITTLICHE LAGERKOSTEN (GESAMTKO.) PRO TEILPERIODE. KS=KLS+KFS+KBS

Tabelle 1: Beispiele für die Anwendung der Vorgehensweise 1

$$W(B \geq XK + 1) = W(B > XK) \leq \frac{c1 \cdot XQ}{cf \cdot \bar{B}}$$

erfüllt. Es gilt

$$\frac{c1 \cdot XQ}{cf \cdot \bar{B}} = \frac{0{,}03 \cdot 66}{4 \cdot 6{,}5} = 0{,}07615.$$

Die Bedarfsverteilung W einer Teilperiode ist eine Poisson-Verteilung mit dem Erwartungswert 6,5 (Tab. 2).

k	W(B=k)	W(B ≤ k)	W(B > k)
0	0,00150	0,00150	0,9985
1	0,00977	0,01127	0,98873
2	0,03176	0,04303	0,95697
3	0,06881	0,11184	0,88816
4	0,11182	0,22366	0,77634
5	0,14537	0,36903	0,63096
6	0,15748	0,52651	0,47349
7	0,14623	0,67274	0,32726
8	0,11881	0,79155	0,20854
9	0,08581	0,87736	0,12263
10	0,05578	0,93314	0,06686
11	0,03296	0,96611	0,03389

Tab. 2:[1] Die Poisson-Verteilung mit dem Erwartungswert 6,5.

Tabelle 2 kann entnommen werden, daß k=10 die kleinste ganze Zahl ist, die die Ungleichung

$$W(B > k) \leq \frac{c1 \cdot XQ}{cf \cdot \bar{B}} = 0{,}07615$$

---

1 Die Spalten der Tabelle 2 sind auf folgende Weise sukzessiv berechnet worden:
Die Werte W(B=k) ergeben sich aus der Beziehung

$$W(B=k) = e^{-6,5} \cdot \frac{6,5^k}{k!}.$$

Für $W(B \leq k)$ gilt

$$W(B \leq k) = \sum_{j=0}^{k} W(B=j).$$

Schließlich ist $W(B>k) = 1 - W(B \leq k)$.

erfüllt. Folglich hat die Meldemenge eine Größe von XK=10 Mengeneinheiten.

Das nachstehende Beispiel überträgt die Ergebnisse auf die Lagerhaltung eines Präparats in der Krankenhausapotheke.

Beispiel:

Es findet in einem Krankenhaus i.d.R. alle zwei Tage eine Arzneimittelausgabe statt. Der durchschnittliche Bedarf an einem bestimmten Präparat beträgt 3,25 Mengeneinheiten pro Tag. Der Bedarf ist Poisson-verteilt und an verschiedenen Tagen unabhängig voneinander[1]. Wenn der Apotheker das Präparat nachbestellt, erfolgt die Lieferung i.a. vor der nächsten Arzneimittelausgabe. Der Einstandspreis des Präparats ist 55 DM pro Mengeneinheit[2]. Bei einer Verknappung kann eine Mengeneinheit des Präparats durch eine Mengeneinheit eines anderen Präparats mit einem Einstandspreis von 59 DM pro Mengeneinheit ersetzt werden. Die Lagerhaltungskosten sind im wesentlichen durch die Kapitalbindungskosten gegeben. Als Zinssatz zur Berechnung der Kapitalbindungskosten wird 10 % pro Jahr angesetzt. Der Bestellkostensatz beträgt 10 DM. Bei einer Abbildung der realen Situation durch ein Modell, das die Prämissen des Abschnitts 322. erfüllt, ist die geeignete Länge der Teilperioden zwei Tage, da i.d.R. alle zwei Tage eine Arzneimittelausgabe stattfindet. Der durchschnittliche Bedarf $\bar{B}$ ist gleich $2 \cdot 3{,}25 = 6{,}5$ Mengeneinheiten pro Teilperiode. Der Bedarf einer Teilperiode ist wegen der Unabhängigkeit des Bedarfs verschiedener Tage Poisson-verteilt[3]. Als Geldeinheit wird eine DM verwendet. Für den Lagerhaltungskostensatz cl gilt $cl = 55 \cdot 0{,}1 \cdot 2/365$ [DM/(ME · PE)] = ca. 0,03 [DM/(ME · PE)]. Der Fehlmengenkostensatz cf ergibt sich, wenn der Einstandspreis des Präparats vom Einstandspreis des teureren Ersatzpräparats subtrahiert wird: $cf = (59 - 55)$ [DM/ME] $= 4$ [DM/ME]. Tabelle 1 kann entnommen werden, daß die durchschnittlichen Gesamtkosten der Lagerhaltung des Präparats 2,274 DM pro Teilperiode[4] betragen, wenn das nach der Vorgehensweise 1 ab-

1 Diese Annahme ist realistisch, wenn ein Patient i.a. höchstens eine Mengeneinheit des Präparats erhält.

2 Bestimmte Infusionslösungen können z.B. pro Infusionsflasche 55 DM kosten oder noch teurer sein.

3 Allgemein ist die Summe unabhängiger, Poisson-verteilter Zufallsgrößen selbst Poisson-verteilt. Dies ergibt sich z.B. aus der Tatsache, daß die Poisson-Verteilung durch einen Poissonschen Prozeß ermittelt werden kann. Vgl. hierzu z.B. T. Yamane (1976), S. 632 ff.

4 Vgl. die eingerahmte Zeile und die Spalte KS in Tabelle 1.

geleitete Bestellverhalten angewendet wird. Pro Jahr liegen die durchschnittlichen Gesamtkosten bei 2,274 · 365/2 DM = ca. 415 DM.

Bei der Beschreibung der Vorgehensweise 1 wurde darauf hingewiesen, daß eine nach der Vorgehensweise 1 abgeleitete Bestellpolitik unter den gegebenen Prämissen i.a. nicht optimal ist, da bei der Bestimmung der Bestell- und Meldemenge die Erwartungswerte verschiedener Zufallsgrößen nur näherungsweise berechnet worden sind[1]. Es stellt sich deshalb die Frage, wie stark in der Situation des Beispiels die durchschnittlichen Gesamtkosten pro Jahr sinken, wenn das unter den Modellprämissen optimale Bestellverhalten zur Anwendung kommt. Um diese Frage beantworten zu können, muß zunächst untersucht werden, welche Struktur das optimale Bestellverhalten hat und wie es abgeleitet werden kann.

324. Die Vorgehensweise 2

3241. Darstellung der Vorgehensweise

Analog zur Vorgehensweise 1 wird im folgenden vorausgesetzt, daß der Bedarf in jeder Teilperiode des Planungszeitraums durch die gleiche diskrete Wahrscheinlichkeitsverteilung beschrieben werden kann und der Bedarf verschiedener Teilperioden stochastisch unabhängig ist. Auch die Prämissen und Bezeichnungen des Abschnitts 322. werden übernommen. Der Unterschied zwischen den Vorgehensweisen 1 und 2 liegt in der Genauigkeit bei der Ableitung des Bestellverhaltens: Bei der Vorgehensweise 1 sind die unter den Modellprämissen entstehenden Kosten nur näherungsweise berücksichtigt worden, um die Berechnung der Bestellpolitik möglichst einfach zu gestalten. Dagegen hat die Vorgehensweise 2 das Ziel, durch optimale Planung der Bestellentscheidungen den Erwartungswert der unter den Modellprämissen auftretenden Gesamtkosten der Lagerhaltung im Planungszeitraum zu minimieren. Aus diesem Grunde müssen die entstehenden Kosten exakt berücksichtigt werden.

Es ergibt sich bei der Vorgehensweise 2 eine Bestellregel, die eine andere Struktur als die bei der Vorgehensweise 1 zugrundegelegte Politik hat und im Laufe dieses Abschnitts genauer beschrieben wird. Die Ableitung des Bestellverhaltens erfolgt mit Hilfe der stochastischen Dynamischen Programmierung. Die Ausführungen beschränken sich auf eine Behandlung der vorliegenden Problemstellung. Zum allgemeinen Vorgehen bei der stochastischen

---

1 Vgl. die Ausführungen im Anschluß an die Gleichung (8) des Abschnitts 3232. (S. 71).

Dynamischen Programmierung wird auf die Literatur verwiesen[1].

Aus rechentechnischen Gründen wird angenommen, daß eine obere Grenze für den Bedarf in allen Teilperioden des Planungszeitraums existiert. Diese Annahme beeinträchtigt die Anwendbarkeit des Modells nicht, da die Angabe einer derartigen Grenze in praktischen Problemstellungen immer möglich ist. Wenn z.B. der Bedarf in allen Teilperioden Poisson-verteilt ist und den Erwartungswert 6,5 hat, kann theoretisch der Bedarf einer Teilperiode beliebig groß sein. Doch ist in diesem Fall die Wahrscheinlichkeit, daß der Bedarf einer Teilperiode beispielsweise 30 Mengeneinheiten übertrifft, so klein[2], daß die Zahl 30 als obere Grenze für den Bedarf in allen Teilperioden des Planungszeitraums verwendet werden kann, ohne daß hierdurch die Genauigkeit der Ergebnisse wesentlich beeinträchtigt wird.

Neben den Angaben des Abschnitts 322. gelten die nachstehenden Bezeichnungen.

Bezeichnungen:

mb - obere Grenze des Bedarfs einer Teilperiode. Dim.: /ME/.

s,S - Parameter der (s,S)-Politik. Dim.: /ME/.

w_k - Wahrscheinlichkeit, daß der Bedarf einer Teilperiode gleich k ist. $w_k = W(B=k)$.

$V_i(xa_i, B_i)$ - Summe der Lagerhaltungs- und Fehlmengenkosten der i-ten Teilperiode in Abhängigkeit vom Lagerbestand xa_i und dem Bedarf B_i, Dim.: /GE/.

$H_i(xa_i)$ - Erwartungswert der kumulierten Gesamtkosten der Lagerhaltung der Teilperioden i,...,n ohne die Bestellkosten der i-ten Teilperiode bei optimalem Bestellverhalten in den Teilperioden i+1,...,n. Dim.: /GE/. Die Gesamtkosten hängen vom Lagerbestand xa_i der i-ten Teilperiode ab.

$HB_i(xe_{i-1})$ - Erwartungswert der kumulierten Gesamtkosten der Lagerhaltung der Teilperioden i,...,n bei optimalem Bestellverhalten in Abhängigkeit vom Lagerbestand xe_{i-1} am Anfang der

1 Es gibt eine sehr umfangreiche Literatur zur Dynamischen Programmierung. Die grundlegenden Arbeiten stammen von Bellmann. Vgl. z.B. R. Bellmann (1957), ferner K. Neumann (1969). Zur stochastischen Dynamischen Programmierung vgl. z.B. A. Born (1976), S. 21 ff., R.A. Howard (1971), S. 917 ff., H. Hüttemann (1968), derselbe (1971), S. 46 ff.

2 Es gilt für die angenommene Bedarfsverteilung $W(B \geq 30) \leq 10^{-10} = 0{,}0000000001$.

i-ten Teilperiode vor Aufgabe einer eventuellen Bestellung. Dim.: /GE/. Die unabhängige Variable xe_{i-1} gibt den "Zustand" des Lagerhaltungssystems an, von dem die Bestellung am Anfang der i-ten Teilperiode abhängt.

Aus den Gleichungen (3) und (4) des Abschnitts 322. (S. 63) ergeben sich die Beziehungen

(1) $V_i(xa_i, B_i) = \underbrace{xa_i \cdot cl \cdot T}_{\text{Lagerhaltungskosten der i-ten Teilperiode}} + \underbrace{\max(0, B_i - xa_i) \cdot cf}_{\text{Fehlmengenkosten der i-ten Teilperiode}} \quad i=1,\ldots,n.$

Die Funktionen H_i, HB_i werden sukzessive für i=n,...,1 berechnet, d.h. es wird die "Rückwärtsrechnung" angewendet.

$V_n(xa_n, B_n)$ ist die Summe der Lagerhaltungs- und Fehlmengenkosten der n-ten Teilperiode in Abhängigkeit vom Lagerbestand xa_n und dem Bedarf B_n. Der Erwartungswert $H_n(xa_n)$ ergibt sich, wenn für jeden Bedarf B_n=k, der auftreten kann, die Kosten V_n mit der Wahrscheinlichkeit w_k für das Auftreten des Bedarfs gewichtet und anschließend aufsummiert werden.

(2) $$H_n(xa_n) = \sum_{k=0}^{mb} w_k \cdot V_n(xa_n, k).$$

Die Bestellkosten der n-ten Teilperiode sind in Abhängigkeit von der Bestellmenge Q_n durch die Funktion $g(Q_n)$ gegeben[1]: $g(Q_n)$ ist gleich Null, wenn nicht bestellt wird (Q_n=0), und gleich dem Bestellkostensatz cb, wenn eine Bestellung erfolgt ($Q_n > 0$). Falls eine Bestellung von Q_n Mengeneinheiten aufgegeben wird, ist der Erwartungwert der Gesamtkosten der Lagerhaltung der n-ten Teilperiode gleich

(3) $$H_n(xa_n) + g(Q_n) = H_n(xe_{n-1} + Q_n) + g(Q_n).$$ [2]

Die Bestellmenge Q_n wird in Abhängigkeit vom Zustand des Lagerhaltungssy-

---

1 Vgl. (5) im Abschnitt 322. (S. 63).

2 Es gilt $xa_n = xe_{n-1} + Q_n$. Vgl. (2) im Abschnitt 322. (S. 62).

stems am Anfang der n-ten Teilperiode (xe_{n-1}) so gewählt, daß die erwarteten Gesamtkosten der Lagerhaltung der n-ten Teilperiode minimiert werden. Es folgt

$$(4) \qquad HB_n(xe_{n-1}) = \min_{Q_n \geq 0} \{ H_n(xe_{n-1} + Q_n) + g(Q_n) \} .$$

Bei der sukzessiven Berechnung von H_i für $i < n$ muß im Unterschied zu (2) der Erwartungswert der Gesamtkosten der Teilperioden i+1,...,n berücksichtigt werden. Wenn der Bedarf der i-ten Teilperiode k Mengeneinheiten beträgt, d.h. $B_i = k$, ergibt sich der Lagerbestand xe_i am Ende der i-ten Teilperiode nach der Deckung des Bedarfs aus dem Lagerbestand xa_i durch[1]

$$(5) \qquad xe_i = \max (0, xa_i - k).$$

Zur Berechnung von H_i werden die Gesamtkosten der Teilperioden i+1,...,n ($= HB_{i+1}$) und die Lagerhaltungs- und Fehlmengenkosten der i-ten Teilperiode ($= V_i$) addiert. Da die Kosten von der Höhe des Bedarfs der i-ten Teilperiode abhängen, müssen zur Berechnung von H_i für jeden Bedarf $B_i = k$, der auftreten kann, die Kosten mit der Wahrscheinlichkeit w_k gewichtet und aufsummiert werden. Es folgt

$$(6) \qquad H_i(xa_i) = \sum_{k=0}^{mb} w_k \left[V_i(xa_i, k) + HB_{i+1} (\max (0, xa_i - k)) \right].$$

Die Bestellmenge Q_i wird wieder in Abhängigkeit vom Zustand des Lagerhaltungssystems am Anfang der i-ten Teilperiode (xe_{i-1}) so gewählt, daß die erwarteten Gesamtkosten der Teilperioden i,...,n minimiert werden.

$$(7) \qquad HB_i(xe_{i-1}) = \min_{Q_i \geq 0} \{ H_i(xe_{i-1} + Q_i) + g(Q_i) \} .$$

Mit Hilfe der Gleichungen (6) und (7) können die Funktionen H_i und HB_i für i=n-1,...,1 schrittweise berechnet werden. Nach der Durchführung dieser Rechnungen ist durch $HB_1(xe_0)$ der Erwartungswert der Gesamtkosten der Lagerhaltung im Planungszeitraum in Abhängigkeit vom Lageranfangsbestand xe_0 gegeben, wenn ein optimales Bestellverhalten angewendet wird.

Von besonderer Bedeutung ist das Problem, welches Aussehen das optimale Bestellverhalten hat, d.h. durch welche Bestellmenge Q_i bei einem Lagerbe-

---

1 Vgl. (1) im Abschnitt 322. (S. 62).

stand xe_{i-1} der Erwartungswert der Gesamtkosten in (7) minimiert wird. Für eine gegebene Datensituation kann das optimale Bestellverhalten durch sukzessive Berechnung der Gleichungen (2), (4), (6) und (7) abgeleitet werden. Es ist möglich, allgemein nachzuweisen, daß die optimale Bestellpolitik unter den gegebenen Bedingungen in jeder Periode i durch zwei ganze Zahlen s_i, S_i, $s_i \leq S_i$, beschrieben werden kann[1]:

Bestellt wird am Anfang der i-ten Teilperiode nur dann, wenn der Lagerbestand kleiner als s_i ist. In diesem Fall wird die Bestellmenge so gewählt, daß das Lager auf S_i Mengeneinheiten aufgefüllt wird. Formal gilt für die Bestellmenge Q_i der i-ten Teilperiode die Beziehung

$$(8) \qquad Q_i = \begin{cases} 0 & \text{für } xe_{i-1} \geq s_i, \text{ d.h. es wird nicht bestellt} \\ S_i - xe_{i-1} & \text{für } xe_{i-1} < s_i, \text{ d.h. es wird bestellt} \end{cases}$$

$i=1,\ldots,n.$

Eine derartige Bestellpolitik wird auch (s,S)-Politik genannt[2].

Abb. 11: Mögliche Entwicklung des Lagerbestandes bei Anwendung einer (3,7)-Politik in allen Teilperioden

1 Die grundlegende Beweisidee hierzu stammt von Scarf, der die Optimalität einer (s,S)-Politik bei kontinuierlichem, stochastischem Bedarf unter etwas anderen Voraussetzungen als hier bewiesen hat. Vgl. H. Scarf (1960). Vgl. auch Abschnitt 326., da die oben zugrundegelegten Modelle ein Spezialfall der allgemeinen Modelle sind, die zur Entwicklung der Vorgehensweise 3 aufgestellt werden.

2 (s,S)-Bestellregeln sind sehr bekannt und gebräuchlich. Sie sind bereits untersucht worden in K.J. Arrow, T. Harris, J. Marschak (1951).

Ein Vergleich von (8) mit der Gleichung (1) des Abschnitts 3231. und ein Vergleich der Abbildungen 11 und 10 zeigt, daß eine (s,S)-Politik große Ähnlichkeit mit der Bestellpolitik der Vorgehensweise 1 hat. In beiden Fällen wird bestellt, wenn der Lagerbestand einen kritischen Wert unterschritten hat. Während jedoch die Bestellmenge bei der Bestellpolitik der Vorgehensweise 1 immer gleich groß ist, hängt sie bei der Anwendung einer (s,S)-Politik vom Lagerbestand ab[1].

Mit Hilfe der Formeln (2), (4), (6) und (7) kann auch dann eine Bestellpolitik abgeleitet werden, wenn beim Einkauf eines Präparats Verpackungsrestriktionen zu berücksichtigen sind. Bei der Darstellung der Vorgehensweise 1 ist festgestellt worden, daß nur bestimmte Bestellmengen realisier-

---

1 Vgl. (8). Es sei vermerkt, daß die Parameter s_i, S_i der optimalen (s,S)-Politik direkt aus den Funktionen H_i abgeleitet werden können. Wenn eine Bestellung am Anfang der i-ten Teilperiode aufgegeben wird, sind die Bestellkosten der i-ten Teilperiode unabhängig vom Umfang der Bestellung. Es ist deshalb in diesem Fall optimal, den Lagerbestand auf ein Niveau von S_i ME aufzufüllen, das den Erwartungswert der Summe der Lagerhaltungs- und Fehlmengenkosten der i-ten Teilperiode und der Gesamtkosten der Teilperioden i+1,...,n minimiert. Folglich muß S_i die Beziehung

$$H_i(S_i) = \min_{xa_i \geq 0} H_i(xa_i)$$

erfüllen und kann mit Hilfe dieser Beziehung berechnet werden. Zur Ableitung von s_i werden die Kosten verglichen, die bei gegebenem Lagerbestand xe_{i-1} am Anfang der i-ten Teilperiode mit bzw. ohne Bestellung auftreten. Wenn auf eine Bestellung verzichtet wird ($Q_i=0$) gilt $xa_i = xe_{i-1} + Q_i = xe_{i-1}$. Die erwarteten Gesamtkosten der Teilperioden i,...,n betragen dann $H_i(xa_i) = H_i(xe_{i-1})$. Bei der Aufgabe einer Bestellung wird das Lager auf S_i ME aufgefüllt. Mit den Bestellkosten der i-ten Teilperiode (= cb) betragen die erwarteten Kosten der Teilperioden i,...,n dann $H_i(S_i) + cb$. Ein Vergleich ergibt, daß eine Bestellung aufgegeben werden muß, wenn $H_i(S_i) + cb < H_i(xe_{i-1})$ gilt. s_i wird definiert durch

$$s_i = \min \{ k, H_i(S_i) + cb \geq H_i(k) \} .$$

Falls jetzt $xe_{i-1} < s_i$ gilt, folgt

$$xe_{i-1} \notin \{ k, H_i(S_i) + cb \geq H_i(k) \}, \text{ d.h. } H_i(S_i) + cb < H_i(xe_{i-1}).$$

Folglich muß eine Bestellung aufgegeben werden, wenn der Lagerbestand xe_{i-1} kleiner als s_i ist.

bar sind, wenn ein Präparat in Klinikpackungen eingekauft wird. In diesem Fall darf bei der Ableitung eines Bestellverhaltens nach der Vorgehensweise 2 die Minimierung der erwarteten Gesamtkosten der Lagerhaltung in (4) bzw. (7) nur noch über realisierbare Bestellmengen $Q_n \geq 0$ bzw. $Q_i \geq 0$ erfolgen[1].

Wenn eine Verknappung des betrachteten Präparats nicht zu zusätzlichen Kosten pro fehlender Mengeneinheit führt, sondern das Auftreten von Verknappungen durch Mindestanforderungen an die Versorgungssicherheit eingeschränkt wird, ist die Vorgehensweise 2 nicht ohne weiteres anwendbar. Da jedoch bei gegebenem Lagerhaltungskostensatz ein Zusammenhang zwischen dem Fehlmengenkostensatz und der Versorgungssicherheit besteht[2], kann auch eine zufriedenstellende Versorgungssicherheit bei der Anwendung der Vorgehensweise 2 durch die Vorgabe eines geeigneten Fehlmengenkostensatzes realisiert werden.

Die Ableitung optimaler Bestellparameter für alle Teilperioden des Planungszeitraums durch sukzessive Berechnung der Gleichungen (2), (4), (6) und (7) ist komplizierter als die Anwendung der Vorgehensweise 1 und i.a. nur mit Hilfe eines Computers durchführbar[3]. Die Vorgehensweise 2 führt folglich zu höheren Datenverarbeitungskosten als die Vorgehensweise 1. Es muß deshalb geprüft werden, ob bei der Anwendung eines unter den Modellprämissen optimalen Bestellverhaltens an Stelle einer nach der Vorgehensweise 1 abgeleiteten Politik die durchschnittlichen Gesamtkosten der Lagerhaltung so stark sinken, daß die höheren Datenverarbeitungskosten u.U. kompensiert werden.

3242. Berechnung von Beispielen zur Vorgehensweise 2

Ebenso wie bei den Beispielen zur Vorgehensweise 1 werden im folgenden die bei gegebener Datensituation langfristig entstehenden durchschnittlichen

---

1 Es sei darauf hingewiesen, daß unter diesen Prämissen das optimale Bestellverhalten i.a. keine (s,S)-Politik ist.

2 Vgl. die Überlegungen im Abschnitt 3233., insbesondere Gleichung (10).

3 Vgl. das zu diesem Zweck auf der Grundlage der in diesem Abschnitt beschriebenen Formeln entwickelte Computerprogramm POL im Anfang III.

Lagerhaltungs-, Bestell-, Fehlmengen- und Gesamtkosten pro Teilperiode berechnet. Der Bedarf einer Teilperiode ist wieder Poisson-verteilt.

Mit Hilfe der Gleichungen (2), (4), (6) und (7) des letzten Abschnitts ist es möglich, bei gegebener Datensituation optimale Bestellparameter s_i, S_i für alle Teilperioden i des Planungszeitraums abzuleiten[1]. Grundsätzlich können sich für verschiedene Teilperioden unterschiedliche optimale Parameter ergeben. Da jedoch unter den Modellprämissen für alle Teilperioden die gleiche Bedarfsverteilung und die gleichen Kostensätze gelten, ergaben sich bei der Berechnung der Beispiele für die meisten Teilperioden die gleichen optimalen Bestellparameter. Unterschiedliche optimale Parameter wurden nur für die letzten Teilperioden des Planungszeitraums abgeleitet, da sich in diesen Teilperioden das Ende des Planungszeitraums auswirkt. Folglich kann bei langfristiger Betrachtung das optimale Bestellverhalten unter den gegebenen Prämissen in verschiedenen Teilperioden i.a. durch die gleichen Parameter s,S beschrieben werden.

Tabelle 3 gibt die Bestellparameter und Kosten[2] bei der Anwendung der Vorgehensweise 2 für $\bar{B}$ = 6,5 /ME/PE/, cf = 4 /GE/ME/, cb=10/GE/ und unterschiedliche Lagerhaltungskostensätze wieder[3]. Im Abschnitt 3234. ist in

1 Die Berechnung der optimalen Bestellparameter für die Beispiele dieses Abschnitts erfolgte mit dem Computerprogramm POL. Vgl. Anhang III.

2 Die durchschnittlichen Kosten pro Teilperiode wurden nach dem gleichen Verfahren wie in den Beispielen zur Vorgehensweise 1 durch das Computerprogramm KOS berechnet. Vgl. zum Programm und zum Verfahren Anhang I.
Es sei vermerkt, daß die durchschnittlichen Gesamtkosten pro Teilperiode auch mit Hilfe der Formeln des letzten Abschnitts berechnet werden können. Denn nach der sukzessiven Berechnung von $HB_i(xe_{i-1})$ gemäß (7) (Abschnitt 3241., S. 88) gibt $HB_1(xe_o)$ die erwarteten Gesamtkosten des Planungszeitraums in Abhängigkeit vom Lageranfangsbestand xe_o an. Wenn der Planungszeitraum sehr lang ist, kann der Einfluß von xe_o auf die Gesamtkosten vernachlässigt werden. In diesem Fall ergeben sich die durchschnittlichen Gesamtkosten pro Teilperiode, wenn $HB_1(xe_o)$ durch die Anzahl der Teilperioden des Planungszeitraums dividiert wird.
Das im Anhang I beschriebene Verfahren zur Bestimmung der Kosten hat jedoch den Vorteil, daß neben den durchschnittlichen Gesamtkosten die durchschnittlichen Bestell-, Fehlmengen- und Lagerhaltungskosten mit einem relativ geringen Rechenaufwand problemlos abgeleitet werden können.

3 Für die gleichen Datensituationen ist im Abschnitt 3234. durch die Vorgehensweise 1 ein Bestellverhalten abgeleitet worden. Vgl. zu den Ergebnissen Tab. 1 (S. 82).

KOSTEN UND BESTELLPARAMETER FUER UNTERSCHIEDLICHE LAGERHALTUNGSKOSTENSAETZE

CL	S,S	KLS	KFS	KBS	KS
1.000	4, 14	10.366	2.151	4.547	17.064
0.900	4, 14	9.330	2.151	4.547	16.027
0.800	4, 15	8.721	1.975	4.260	14.956
0.700	4, 16	7.998	1.839	4.004	13.841
0.600	5, 17	7.456	1.187	4.004	12.646
0.500	5, 19	6.723	1.066	3.564	11.353
0.400	5, 21	5.782	0.968	3.209	9.960
0.300	6, 24	4.941	0.539	2.921	8.401
0.200	6, 29	3.800	0.440	2.385	6.625
0.100	7, 41	2.554	0.181	1.699	4.434
0.090	7, 42	2.344	0.177	1.656	4.176
0.080	7, 45	2.204	0.164	1.538	3.906
0.070	8, 48	2.068	0.086	1.469	3.623
0.060	8, 51	1.863	0.080	1.375	3.319
0.050	8, 56	1.678	0.073	1.244	2.995
0.040	8, 63	1.483	0.064	1.097	2.644
0.030	8, 71	1.232	0.056	0.966	2.255

DIE SONSTIGE DATENSITUATION: CF = 4.000 CB = 10.00 B = 6.50

ERKLAERUNG DER ABKUERZUNGEN:
CL - LAGERHALTUNGSKOSTENSATZ CF - FEHLMENGENKOSTENSATZ CB - BESTELLKOSTENSATZ
$\overline{B}$ - DURCHSCHNITTLICHER BEDARF PRO TEILPERIODE
S,S - PARAMETER DER (S,S)-POLITIK
KLS - DURCHSCHNITTLICHE LAGERHALTUNGSKOSTEN PRO TEILPERIODE
KFS - DURCHSCHNITTLICHE FEHLMENGENKOSTEN PRO TEILPERIODE
KBS - DURCHSCHNITTLICHE BESTELLKOSTEN PRO TEILPERIODE
KS - DURCHSCHNITTLICHE LAGERKOSTEN (GESAMTKO.) PRO TEILPERIODE. KS=KLS+KFS+KBS

Tabelle 3: Beispiele für die Anwendung der Vorgehensweise 2

einem Beispiel verdeutlicht worden, wie die Lagerhaltung eines Präparats durch ein geeignetes Modell abgebildet und die Vorgehensweise 1 zur Ableitung eines Bestellverhaltens angewendet werden kann. Es ergaben sich durchschnittliche Gesamtkosten von 2,274 DM pro Teilperiode oder von ca. 415 DM pro Jahr. Anhand der Ergebnisse in Tabelle 3 kann gezeigt werden, wie stark die durchschnittlichen Gesamtkosten sinken, wenn ein nach der Vorgehensweise 2 abgeleitetes optimales Bestellverhalten zur Anwendung kommt. Für die Datensituation des Beispiels betragen die durchschnittlichen Gesamtkosten bei optimalem Bestellverhalten 2,255 DM pro Periode oder ca. 411,50 DM pro Jahr[1]. Die Senkung der durchschnittlichen Kosten beträgt ca. 3,50 DM pro Jahr. Es ist in der Situation des Beispiels kaum zu erwarten, daß durch die Senkung der durchschnittlichen Gesamtkosten der Lagerhaltung um 3,50 DM pro Jahr die höheren Datenverarbeitungskosten, die bei der Anwendung der Vorgehensweise 2 an Stelle der Vorgehensweise 1 entstehen, kompensiert werden[2].

Der angestellte Vergleich der durchschnittlichen Kosten, die bei der Anwendung der Vorgehensweise 1 und 2 entstehen, bezieht sich auf eine spezielle Datensituation. Er reicht nicht aus, um die Effektivität der Vorgehensweisen in unterschiedlichen Datensituationen beurteilen zu können. Im folgenden soll deshalb untersucht werden, wie groß die Senkung der durchschnittlichen Kosten ist, die bei verschiedenen Werten von cl und $\bar{B}$ durch die Anwendung der Vorgehensweise 2 an Stelle der Vorgehensweise 1 erzielt werden kann.

325. Ein Vergleich der Effektivität der beiden Vorgehensweisen mit Hilfe von Beispielen

In Tabelle 4 sind die in den Tabellen 1 und 3 dargestellten Ergebnisse zusammengefaßt. Die Spalte REDABS in Tabelle 4 gibt an, um wieviel Geldeinheiten die durchschnittlichen Gesamtkosten pro Teilperiode sinken, wenn

---

1 Vgl. die eingerahmte Zeile in Tab. 3.

2 Hier kann eingewendet werden, daß nur einmal ein Bestellverhalten abgeleitet wird und die damit verbundenen Kosten nur einmal anfallen, während die Gesamtkosten der Lagerhaltung durch die Anwendung der Vorgehensweise 2 langfristig gesenkt werden können. Es ist jedoch zu berücksichtigen, daß die Datensituation in einer Krankenhausapotheke langfristig i.a. nicht konstant ist und deshalb das Bestellverhalten u.U. erneut abgeleitet werden muß.

LAGERKOSTEN IN ABHAENGIGKEIT VOM LAGERHALTUNGSKOSTENSATZ																
		VORGEHENSW. 2						VORGEHENSW. 1								
CL	S,S	KLS	KFS	KBS	KS	XK,XQ	KLT	KFT	KBT	KT	REDABS	REDREL
1.000	4, 14	10.366	2.151	4.547	17.064	7, 12	12.578	0.559	5.300	18.436	1.372	7.442
0.900	4, 14	9.330	2.151	4.547	16.027	7, 13	11.748	0.528	4.898	17.174	1.147	6.679
0.800	4, 15	8.721	1.975	4.260	14.956	7, 13	10.443	0.528	4.898	15.869	0.913	5.753
0.700	4, 16	7.998	1.839	4.004	13.841	7, 14	9.476	0.494	4.554	14.525	0.684	4.709
0.600	5, 17	7.456	1.187	4.004	12.646	7, 15	8.423	0.460	4.257	13.139	0.493	3.752
0.500	5, 19	6.723	1.066	3.564	11.353	8, 17	8.011	0.221	3.791	12.023	0.670	5.573
0.400	5, 21	5.782	0.968	3.209	9.960	8, 19	6.814	0.197	3.395	10.406	0.446	4.288
0.300	6, 24	4.941	0.539	2.921	8.401	8, 21	5.411	0.179	3.074	8.664	0.263	3.039
0.200	6, 29	3.800	0.440	2.385	6.625	9, 26	4.304	0.075	2.493	6.871	0.246	3.583
0.100	7, 41	2.554	0.181	1.699	4.434	9, 37	2.703	0.053	1.753	4.508	0.074	1.637
0.090	7, 42	2.344	0.177	1.656	4.176	9, 39	2.522	0.050	1.663	4.236	0.059	1.402
0.080	7, 45	2.204	0.164	1.538	3.906	9, 41	2.322	0.048	1.582	3.952	0.046	1.164
0.070	8, 48	2.068	0.086	1.469	3.623	10, 44	2.206	0.022	1.476	3.703	0.080	2.168
0.060	8, 51	1.863	0.080	1.375	3.319	10, 47	1.981	0.020	1.382	3.383	0.064	1.886
0.050	8, 56	1.678	0.073	1.244	2.995	10, 51	1.751	0.019	1.274	3.043	0.048	1.584
0.040	8, 63	1.483	0.064	1.097	2.644	10, 58	1.540	0.016	1.120	2.677	0.033	1.237
0.030	8, 71	1.232	0.056	0.966	2.255	10, 66	1.275	0.014	0.984	2.274	0.019	0.827

DIE SONSTIGE DATENSITUATION: CF = 4.000 CB = 10.00 $\overline{B}$ = 6.50

ERKLAERUNG DER ABKUERZUNGEN:
CL - LAGERHALTUNGSKOSTENSATZ CF - FEHLMENGENKOSTENSATZ CB - BESTELLKOSTENSATZ
$\overline{B}$ - DURCHSCHNITTLICHER BEDARF PRO TEILPERIODE S-S - PARAMETER DER OPTIMALEN BESTELLPOLITIK
KLS - DURCHSCHNITTLICHE LAGERHALTUNGSKOSTEN PRO TEILPERIODE BEI DER ANWENDUNG DER VORGEHENSW. 2
KFS - DURCHSCHNITTLICHE FEHLMENGENKOSTEN PRO TEILPERIODE BEI DER ANWENDUNG DER VORGEHENSW. 2
KBS - DURCHSCHNITTLICHE BESTELLKOSTEN PRO TEILPERIODE BEI DER ANWENDUNG DER VORGEHENSW. 2
KS - DURCHSCHN. LAGERKOSTEN (GESAMTKO.) PRO TEILPER. BEI DER ANWENDUNG DER VORGEHENSW. 2. KS=KLS+KFS+KBS
XK,XQ - MELDEMENGE UND BESTELLMENGE DER VORGEHENSW. 1
KLT - DURCHSCHNITTLICHE LAGERHALTUNGSKOSTEN PRO TEILPERIODE BEI DER ANWENDUNG DER VORGEHENSW. 1
KFT - DURCHSCHNITTLICHE FEHLMENGENKOSTEN PRO TEILPERIODE BEI DER ANWENDUNG DER VORGEHENSW. 1
KBT - DURCHSCHNITTLICHE BESTELLKOSTEN PRO TEILPERIODE BEI DER ANWENDUNG DER VORGEHENSW. 1
KT - DURCHSCHN. LAGERKOSTEN (GESAMTKO.) PRO TEILPER. BEI DER ANWENDUNG DER VORGEHENSW. 1. KT=KLT+KFT+KBT
REDABS - ABSOLUTE REDUKTION DER DURCHSCHNITTLICHEN LAGERKOSTEN PRO TEILPERIODE BEI EINER ANWENDUNG DER VORGEHENSW. 2 AN STELLE DER VORGEHENSW. 1. REDABS = KT - KS
REDREL - RELATIVE REDUKTION DER DURCHSCHNITTLICHEN LAGERKOSTEN PRO TEILPERIODE BEI EINER ANWENDUNG DER VORGEHENSW. 2 AN STELLE DER VORGEHENSW. 1 IN PROZENT. REDREL = 100*REDABS/KT

Tabelle 4: Vergleich der Vorgehensweisen 1 und 2 für verschiedene Lagerhaltungskostensätze

an Stelle der Vorgehensweise 1 die Vorgehensweise 2 bei der Ableitung des Bestellverhaltens angewendet wird. In der Spalte REDREL wird angegeben, um wieviel Prozent die durchschnittlichen Gesamtkosten in diesem Fall reduziert werden. Der Prozentsatz nimmt von über 7 % auf unter 0,9 % ab, wenn der Lagerhaltungskostensatz c1 von 1 /⁻GE/(PE · ME)_7 auf 0,03 /⁻GE/(PE·ME)_7 sinkt. Die Entwicklung der relativen Senkung der durchschnittlichen Gesamtkosten in Abhängigkeit vom Lagerhaltungskostensatz c1 ist nicht gleichmäßig. Die Unregelmäßigkeiten werden durch die diskrete Natur des Problems verursacht: Da als Bestellparameter nur ganzzahlige Werte auftreten, ist keine kontinuierliche, sondern nur eine stufenweise Anpassung des Bestellverhaltens an eine veränderte Datensituation möglich[1].

Da sowohl die relative Reduktion der durchschnittlichen Gesamtkosten als auch die durchschnittlichen Gesamtkosten selbst sinken, wenn der Lagerhaltungskostensatz c1 kleiner wird, nimmt die absolute Reduktion der durchschnittlichen Gesamtkosten bei der Anwendung der Vorgehensweise 2 an Stelle der Vorgehensweise 1 mit sinkendem c1 stark ab[2].

Im folgenden wird zunächst auf eine Ursache dieses Zusammenhangs eingegangen. Später werden Schlußfolgerungen für die Planung des Bestellverhaltens in der Krankenhausapotheke gezogen.

Eine durch die Vorgehensweise 1 abgeleitete Meldemenge ist i.a. nicht optimal. Ein Vergleich der Spalten XK, XQ und S,S in Tabelle 4 zeigt, daß für jedes c1 die berechnete Meldemenge XK größer als der Wert s der optimalen (s,S)-Politik ist. Aus diesem Grunde sind die durchschnittlichen Lagerhaltungskosten bei der Anwendung der nach der Vorgehensweise 1 abgeleiteten Bestellpolitik in Tabelle 4 größer als bei der Anwendung der (s,S)-Politik[3]. Mit sinkendem Lagerhaltungskostensatz c1 wächst die Bestellmenge XQ wesentlich schneller als die Meldemenge XK[4], d.h. der Einfluß der Meldemenge auf den durchschnittlichen Lagerbestand[5] und die Lagerhaltungskosten nimmt ab. Folglich sinkt in diesem Fall auch der Einfluß, der durch eine zu große Dimensionierung der Meldemenge auf die Lagerhaltungskosten und damit auf Gesamtkosten ausgeübt wird.

---

1 Vgl. hierzu insbesondere die Anpassung der Meldemenge XK in der Spalte XK, XQ in Tab. 4.

2 Vgl. Spalte REDABS in Tab. 4.

3 Vgl. die Spalten KLS und KLT in Tab. 4.

4 Vgl. Spalte XK, XQ in Tab. 4

5 Vgl. auch (4) im Abschnitt 3232. (S. 70).

In Tabelle 5 werden die Ergebnisse bei der Anwendung der Vorgehensweisen 1 und 2 für c1 = 0,1 /⁻GE/(ME · PE)⁻/, cf = 4 /⁻GE/ME⁻/, cb = 10 /⁻GE⁻/ und verschiedene Werte von $\bar{B}$ verglichen. Bis auf die veränderte Datensituation erfolgte die Berechnung der Bestellparameter und Kosten, die in Tabelle 5 wiedergegeben sind, unter den gleichen Prämissen wie die Berechnungen zur Tabelle 4[1]. Der Spalte REDREL in Tabelle 5 kann entnommen werden, daß die relative Senkung der durchschnittlichen Gesamtkosten, die durch eine Anwendung der Vorgehensweise 2 an Stelle der Vorgehensweise 1 erzielt werden kann, eine steigende Tendenz hat, wenn sich der Bedarfs vergrößert. Auch hier gilt wie in Tabelle 4 der folgende Zusammenhang: Wenn die Bestellmenge XQ um ein Vielfaches größer als die Meldemenge XK ist, können die durchschnittlichen Gesamtkosten durch die Anwendung der optimalen (s,S)-Politik an Stelle der nach der Vorgehensweise 1 abgeleiteten Politik nur wenig gesenkt werden[2]. Die Kostensenkung beträgt in den berechneten Beispielen, in denen die Bestellmenge die Meldemenge um mehr als das drei- bis vierfache übertrifft, nur bis zu ca. 2 % - 3 %[3].

Die Ergebnisse lassen folgende Schlußfolgerung für die Planung des Bestellverhaltens zu: Wenn sich nach der Anwendung der Vorgehensweise 1 herausstellt, daß die abgeleitete Bestellmenge um ein Vielfaches größer als die abgeleitete Meldemenge ist, kann i.a. durch eine genauere Ableitung des Bestellverhaltens nach der Vorgehensweise 2 nur eine geringe Senkung der Gesamtkosten der Lagerhaltung erzielt werden. Da die Vorgehensweise 2 zu hohen Datenverarbeitungskosten führt, dürfte ihre Anwendung in diesem Fall i.a. nicht sinnvoll sein.

---

1 Insbesondere ist der Bedarf wieder Poisson-verteilt. Vgl. zu den Prämissen Abschnitt 3234.

2 Vgl. die Spalten XK, XQ und REDREL in Tab. 5.

3 Es mag zunächst überraschen, daß die Senkung der durchschnittlichen Gesamtkosten in den Beispielen so gering ausfällt, wenn an Stelle der nach der Vorgehensweise 1 abgeleiteten Politik ein optimales Bestellverhalten zur Anwendung kommt. Aus der Lagerhaltungstheorie ist jedoch bekannt, daß die Gesamtkosten der Lagerhaltung i.a. wenig empfindlich gegen Variationen der Bestellmenge sind. Vgl. hierzu z.B. L. Pack (1966), S. 539 ff., W. von Zwehl (1973), S. 58 ff. Da ferner - wie dargelegt worden ist - durch eine zu große Festlegung der Meldemenge nur ein geringer Einfluß auf die Gesamtkosten ausgeübt wird, wenn die Bestellmenge um ein Vielfaches größer als die Meldemenge ist, führt in diesen Fällen die Anwendung der optimalen (s,S)-Politik an Stelle der nach der Vorgehensweise 1 abgeleiteten Politik nur zu einer geringen Senkung der durchschnittlichen Gesamtkosten.

LAGERKOSTEN IN ABHAENGIGKEIT VOM DURCHSCHNITTLICHEN BEDARF

$\bar{B}$	S,S	VORGEHENSW. 2 KLS	KFS	KBS	KS	XK,XQ	VORGEHENSW. 1 KLT	KFT	KBT	KT	REDABS	REDREL
1.500	2, 19	1.085	0.086	0.800	1.971	2, 18	1.062	0.088	0.821	1.971	0.000	0.005
2.000	3, 21	1.247	0.065	1.000	2.311	3, 21	1.307	0.061	0.945	2.313	0.001	0.061
2.500	3, 24	1.409	0.116	1.075	2.600	4, 23	1.504	0.045	1.082	2.631	0.031	1.186
3.000	4, 27	1.621	0.083	1.176	2.880	4, 25	1.607	0.084	1.191	2.882	0.002	0.087
3.500	4, 29	1.733	0.136	1.261	3.129	5, 27	1.804	0.062	1.291	3.157	0.027	0.865
4.000	5, 31	1.894	0.102	1.379	3.376	6, 29	2.003	0.046	1.375	3.424	0.048	1.405
4.500	5, 33	2.006	0.154	1.440	3.601	6, 31	2.105	0.075	1.446	3.626	0.025	0.692
5.000	6, 35	2.168	0.118	1.538	3.824	7, 32	2.253	0.058	1.558	3.869	0.045	1.155
5.500	6, 37	2.280	0.169	1.583	4.032	8, 34	2.452	0.044	1.614	4.110	0.078	1.907
6.000	7, 39	2.442	0.131	1.667	4.240	9, 35	2.602	0.034	1.712	4.347	0.108	2.473
6.500	7, 41	2.554	0.181	1.699	4.434	9, 37	2.703	0.053	1.753	4.508	0.074	1.637
7.000	8, 42	2.665	0.146	1.818	4.629	10, 38	2.852	0.041	1.839	4.732	0.103	2.175
7.500	8, 44	2.777	0.196	1.840	4.813	11, 39	3.001	0.032	1.921	4.954	0.141	2.840
8.000	9, 45	2.889	0.159	1.951	4.999	11, 41	3.102	0.048	1.948	5.098	0.099	1.948
8.500	9, 47	3.001	0.209	1.965	5.175	12, 42	3.251	0.038	2.022	5.311	0.136	2.561
9.000	10, 48	3.112	0.170	2.069	5.351	13, 43	3.401	0.030	2.091	5.522	0.170	3.088
9.500	10, 50	3.224	0.220	2.076	5.520	13, 44	3.451	0.044	2.156	5.652	0.132	2.330
10.000	11, 51	3.336	0.181	2.174	5.690	14, 45	3.601	0.035	2.220	5.856	0.166	2.841

DIE SONSTIGE DATENSITUATION: CL = 0.100 CF = 4.000 CB = 10.00

ERKLAERUNG DER ABKUERZUNGEN:
CL - LAGERHALTUNGSKOSTENSATZ CF - FEHLMENGENKOSTENSATZ CB - BESTELLKOSTENSATZ
$\bar{B}$ - DURCHSCHNITTLICHER BEDARF PRO TEILPERIODE S-S - PARAMETER DER OPTIMALEN BESTELLPOLITIK
KLS - DURCHSCHNITTLICHE LAGERHALTUNGSKOSTEN PRO TEILPERIODE BEI DER ANWENDUNG DER VORGEHENSW. 2
KFS - DURCHSCHNITTLICHE FEHLMENGENKOSTEN PRO TEILPERIODE BEI DER ANWENDUNG DER VORGEHENSW. 2
KBS - DURCHSCHNITTLICHE BESTELLKOSTEN PRO TEILPERIODE BEI DER ANWENDUNG DER VORGEHENSW. 2
KS - DURCHSCHN. LAGERKOSTEN (GESAMTKO.) PRO TEILPER. BEI DER ANWENDUNG DER VORGEHENSW. 2. KS=KLS+KFS+KBS
XK, XQ - MELDEMENGE UND BESTELLMENGE DER VORGEHENSW. 1
KLT - DURCHSCHNITTLICHE LAGERHALTUNGSKOSTEN PRO TEILPERIODE BEI DER ANWENDUNG DER VORGEHENSW. 1
KFT - DURCHSCHNITTLICHE FEHLMENGENKOSTEN PRO TEILPERIODE BEI DER ANWENDUNG DER VORGEHENSW. 1
KBT - DURCHSCHNITTLICHE BESTELLKOSTEN PRO TEILPERIODE BEI DER ANWENDUNG DER VORGEHENSW. 1
KT - DURCHSCHN. LAGERKOSTEN (GESAMTKO.) PRO TEILPER. BEI DER ANWENDUNG DER VORGEHENSW. 1. KT=KLT+KFT+KBT
REDABS - ABSOLUTE REDUKTION DER DURCHSCHNITTLICHEN LAGERKOSTEN PRO TEILPERIODE BEI EINER ANWENDUNG DER VORGEHENSW. 2 AN STELLE DER VORGEHENSW. 1. REDABS = KT - KS
REDREL - RELATIVE REDUKTION DER DURCHSCHNITTLICHEN LAGERKOSTEN PRO TEILPERIODE BEI EINER ANWENDUNG DER VORGEHENSW. 2 AN STELLE DER VORGEHENSW. 1 IN PROZENT. REDREL = 100*REDABS/KT

Tabelle 5: Vergleich der Vorgehensweisen 1 und 2 für unterschiedliche Werte $\bar{B}$

Abschließend wird kurz auf einen interessanten Aspekt im Zusammenhang mit den berechneten Beispielen eingegangen. Der Lagerhaltungskostensatz c_1 und der durchschnittliche Bedarf $\bar{B}$ in den Tabellen 4 und 5 beziehen sich auf eine Teilperiode als Zeiteinheit. Folglich vegrößert sich der Wert von c_1 und $\bar{B}$, wenn bei unveränderter Nachfragesituation der Zeitraum, den eine Teilperiode umfaßt, verlängert wird. Nach den Untersuchungsergebnissen muß in diesem Fall damit gerechnet werden, daß durch die Anwendung der Vorgehensweise 2 an Stelle der Vorgehensweise 1 eine größere Senkung der durchschnittlichen Gesamtkosten erzielt werden kann. Dieser Zusammenhang ist leicht zu erklären: Nach dem Modellprämissen können nur am Anfang der Teilperioden Bestellungen aufgegeben werden. Wenn z.B. der Zeitraum, den eine Teilperiode umfaßt, von zwei Tagen auf eine Woche verlängert wird, können nicht mehr alle zwei Tage, sondern nur noch einmal pro Woche Präparate nachbestellt werden. In diesem Fall ist eine Vergrößerung der Meldemenge notwendig, da durch die Meldemenge der Bedarf eines längeren Zeitraums gedeckt werden muß. Da sich die Bestellmenge nicht verändert, führt die größere Meldemenge dazu, daß durch eine Anwendung der Vorgehensweise 2 an Stelle der Vorgehensweise 1 eine größere Senkung der durchschnittlichen Gesamtkosten erzielt werden kann. Für die Planung des Bestellverhaltens ergibt sich folgende Schlußfolgerung: Wenn z.B. die Anzahl der wöchentlichen Arzneimittelausgaben in einem Krankenhaus verringert wird und der Zeitraum zwischen zwei Arzneimittelausgaben sich damit verlängert, nimmt die Bedeutung einer genauen Ableitung des Bestellverhaltens, etwa nach der Vorgehensweise 2, zu.

326. Die Vorgehensweise 3

Bei der Entwicklung der Vorgehensweisen 1 und 2 ist vernachlässigt worden, daß der Bedarf an einem Präparat von der Belegung des Krankenhauses abhängt. Diese Abhängigkeit wird in den Modellen zur Vorgehensweise 3 berücksichtigt. Ziel der Vorgehensweise 3 ist die Ableitung eines unter den Modellprämissen optimalen Bestellverhaltens. Als Grundlage für die Darstellung der Modelle zur Vorgehensweise 3 wird zunächst das Problem behandelt, wie die Belegung des Krankenhauses formal in einem Modell abgebildet werden kann.

3261. Die Abbildung der Belegung des Krankenhauses in einem Modell

Wenn durch Modelle die Abhängigkeit des Bedarfs an einem Präparat von der Belegung des Krankenhauses untersucht werden soll, brauchen nur die Patienten des Krankenhauses berücksichtigt zu werden, bei denen eine Behandlung mit dem Präparat in Frage kommt. Diese Patienten heißen im weiteren "relevante Patienten". Der durch die relevanten Patienten gebildete Ausschnitt aus der gesamten Belegung des Krankenhauses wird die für das Präparat "relevante Belegung" des Krankenhauses genannt. Nur die jeweils relevante Belegung wird in den folgenden Modellen abgebildet.

Oft erhalten Patienten mit verschiedenen Krankheiten das gleiche Präparat. Zur Vereinfachung wird jedoch vorausgesetzt, daß das betrachtete Präparat nur zur Behandlung einer bestimmten Krankheit KR eingesetzt wird[1]. Zu den relevanten Patienten gehören folglich nur Patienten mit der Krankheit KR.

Die Belegung des Krankenhauses ist ein zeitpunktbezogenes Merkmal der Arzneimittelversorgung[2]. Um die zeitliche Entwicklung der relevanten Belegung in den Modellen wiedergeben zu können, wird ein in Teilperioden unterteilter Planungszeitraum zugrunde gelegt und die relevante Belegung jeweils am Anfang der Teilperioden abgebildet. Es wird angenommen, daß die Verweildauer der relevanten Patienten deterministisch ist und kv Teilperioden beträgt[3].

Die Abbildung der relevanten Belegung am Anfang einer Teilperiode erfolgt in den Modellen durch einen Vektor mit kv-1 Komponenten. Die Komponenten des Vektors geben jeweils an, wieviele relevante Patienten in den vorausgehenden relevanten Teilperioden ins Krankenhaus gekommen sind. Diese formale Beschreibung der relevanten Belegung wird durch das nachstehende Beispiel verdeutlicht.

---

1 Die folgenden Überlegungen können in ähnlicher Form auch für Präparate, die zur Behandlung verschiedener Krankheiten in Frage kommen, durchgeführt werden. Die formale Darstellung der relevanten Belegung ist in diesem Fall jedoch wesentlich unübersichtlicher.

2 Vgl. auch Abschnitt 21.

3 In der Realität ist die Verweildauer von Patienten, die mit einer bestimmten Krankheit KR im Krankenhaus liegen, i.a. nicht deterministisch. Hier werden vereinfachende Annahmen gemacht, um leichter zeigen zu können, wie das unter Vernachlässigung der Kosten der Datenerfassung und Datenverarbeitung optimale Bestellverhalten grundsätzlich aussieht. Die Zufallsabhängigkeit der Verweildauer wird später in den Simulationsmodellen berücksichtigt.

Beispiel:

Die Länge einer Teilperiode ist in diesem Beispiel ein Tag. Die Verweildauer von Patienten mit der Krankheit KR beträgt 4 Tage, d.h. kv=4. In einer Statistik eines Krankenhauses ist festgehalten worden, wieviel relevante Patienten an 11 aufeinanderfolgenden Tagen eingeliefert wurden.

Statistik

Tag der Einlieferung	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Anzahl der relevanten Einlieferungen	4	7	2	4	9	8	0	2	2	1	6

Die relevante Belegung des Krankenhauses kann z.B. am Anfang des Tages 6 durch den Vektor (2,4,9) beschrieben werden. Die Bedeutung des Vektors ist folgende: Am Tag 5 sind 9 relevante Patienten ins Krankenhaus gekommen, für die der Tag 6 der 2. Behandlungstag ist[1]. Am Tag 4 bzw. 3 sind 4 bzw. 2 relevante Patienten eingeliefert worden. Für sie ist der Tag 6 der 3. bzw. 4. Behandlungstag. Diese Patienten sind von Bedeutung für den Bedarf an dem betrachteten Präparat am Tag 6. Die 7 Patienten, die am Tag 2 mit der Krankheit KR ins Krankenhaus eingeliefert worden sind, werden am Tag 6 wieder entlassen und erhalten an diesem Tag keine Präparate mehr. Ebenfalls von Bedeutung für den Bedarf am Tag 6 sind die 8 Patienten, die an diesem Tag neu ins Krankenhaus kommen. Da diese Zahl jedoch am Anfang des Tages 6 noch nicht bekannt ist, kann sie zur Beschreibung der Belegung auch nicht verwendet werden.

Die durch den Vektor (2,4,9) gegebene relevante Belegung am Anfang des Tages 6 geht in die relevante Belegung (4,9,8) am Anfang des Tages 7 über. Wenn dagegen 3 Patienten mit der Krankheit KR am Tag 6 ins Krankenhaus gekommen wären, hätte die relevante Belegung am Anfang des Tages 7 die Form (4,9,3). Folglich hängt der Übergang von der relevanten Belegung am Anfang eines Tages zur relevanten Belegung am Anfang des folgenden Tages von der Anzahl der relevanten Patienten ab, die an dem Tag ins Krankenhaus eingeliefert werden.

Für die weitere Untersuchung ist eine formale Beschreibung dieses Zusammenhangs notwendig.

---

1 Dabei wird von folgender Vorstellung ausgegangen: Für einen Patienten ist der Tag der Einlieferung der erste Behandlungstag. Wenn die Verweildauer k Tage beträgt, kann der Patient vom ersten bis zum k-ten Tag Präparate bekommen. Am (k+1)-Tag, dem Tag der Entlassung, wird er dagegen nicht mehr mit Präparaten behandelt.

Bezeichnungen

b_i - relevante Belegung des Krankenhauses am Anfang der i-ten Teilperiode in Vektordarstellung,

e_i - Anzahl der relevanten Patienten, die in der i-ten Teilperiode ins Krankenhaus eingeliefert werden.

$tr(b_i,e_i)$ - relevante Belegung des Krankenhauses am Anfang der i+1-ten Teilperiode in Abhängigkeit von der relevanten Belegung am Anfang der i-ten Teilperiode und der Anzahl der relevanten Neueinlieferungen der i-ten Teilperiode, $tr(b_i, e_i) = b_{i+1}$.

Eine Funktion $b_{i+1} = tr(b_i,e_i)$ kann definiert werden, da die relevante Belegung b_{i+1} am Anfang der (i+1)-Teilperiode durch die relevante Belegung b_i und die Anzahl e_i der relevanten Neueinlieferungen eindeutig bestimmt ist.

Beispiel:

Im letzten Beispiel galt $b_6 = (2,4,9)$, $e_6 = 8$ und $b_7 = (4,9,8)$. Folglich ist

$$tr\ (\ (2,4,9),8\ ) = (4,9,8).$$

Die am Anfang einer Teilperiode i gegebene relevante Belegung b_i kann als Zustand der Belegung am Anfang der Teilperiode interpretiert werden. Wenn die Anzahl der relevanten Patienten, die in den einzelnen Teilperioden ins Krankenhaus eingeliefert werden, zufallsabhängig ist, liegt auch ein stochastischer Übergang vom Zustand der Belegung am Anfang einer Teilperiode i (b_i) zum Zustand am Anfang der Folgeperiode (b_{i+1}) vor[1]. Im weiteren wird ein bestimmter Zustand der relevanten Belegung auch Ausprägung der relevanten Belegung genannt.

---

1 Die Ausführungen zeigen, daß durch den Zustand der relevanten Belegung am Anfang aufeinanderfolgender Teilperioden eine Markov-Kette gebildet wird. Die Übergangswahrscheinlichkeiten der Markov-Kette können aus der Wahrscheinlichkeitsverteilung für die Anzahl der Patienten, die in einer Teilperiode ins Krankenhaus kommen, abgeleitet werden. Eine nähere Behandlung der Theorie der Markov-Ketten würde im Rahmen dieser Arbeit zu weit führen. Vgl. hierzu R.A. Howard (1971).

3262. Die Erzeugung des Bedarfs in Abhängigkeit von der relevanten Belegung

Nach der Klärung des Problems, wie die relevante Belegung formal beschrieben werden kann, ist es möglich, die Abhängigkeit des Bedarfs eines Präparates von der relevanten Belegung in Modellen abzubilden. Die Prämissen und Bezeichnungen des Abschnitts 322. werden wieder übernommen. Bei der Formulierung und Analyse der Modelle zur Vorgehensweise 3 werden ferner die nachstehenden Daten und Bezeichnungen benötigt:

Verzeichnis weiterer Modelldaten

kv - Anzahl der Teilperioden, die ein relevanter Patient im Krankenhaus liegt.

mp - maximale Anzahl relevanter Patienten, die in einer Teilperiode ins Krankenhaus eingeliefert werden[1].

mpr - maximale Anzahl von Mengeneinheiten des betrachteten Präparats, die *ein* Patient in *einer* Teilperiode des Planungszeitraums erhalten kann.

wp_l - Wahrscheinlichkeit, daß in einer Teilperiode l relevante Patienten ins Krankenhaus eingeliefert werden, l=0,...,mp.

wm_{kj} - Wahrscheinlichkeit, daß *ein* relevanter Patient in der j-ten Behandlungsperiode einen Bedarf von k Mengeneinheiten des betrachteten Präparats erzeugt, k=0,...,mpr, j=1,...,kv.

Bezeichnungen

$h_k(b_i,e_i)$ - Wahrscheinlichkeit, daß in der i-ten Teilperiode ein Bedarf von k Mengeneinheiten auftritt, wenn die relevante Belegung am Anfang der i-ten Teilperiode gleich b_i ist und in der i-ten Teilperiode e_i relevante Patienten eingeliefert werden, k=0,...,mb.

---

1 Die Annahme, daß eine obere Grenze für die Anzahl der relevanten Patienten existiert, die in einer Teilperiode ins Krankenhaus eingeliefert werden können, ist praktisch immer erfüllt. Vgl. hierzu auch die Überlegungen zur Obergrenze mb des Bedarfs im Abschnitt 3241.

Eine Teilperiode des Planungszeitraums, in der ein Patient im Krankenhaus liegt, wird "Behandlungsperiode" des Patienten genannt. Die erste Behandlungsperiode eines Patienten ist die Teilperiode, in der er ins Krankenhaus eingeliefert wird.

Ein relevanter Patient wird insgesamt kv Teilperioden mit dem betrachteten Präparat behandelt[1]. Wenn er in einer Teilperiode k Mengeneinheiten des Präparats erhalten soll[2], erzeugt er in dieser Teilperiode einen Bedarf von k Mengeneinheiten. Der Gesamtbedarf einer Teilperiode ergibt sich aus dem Bedarf, der durch die einzelnen im Krankenhaus liegenden relevanten Patienten erzeugt wird.

Die Anzahl der relevanten Patienten, die in einer Teilperiode ins Krankenhaus kommen, ist zufallsabhängig und wird in allen Teilperioden des Planungszeitraums durch die gleiche diskrete Wahrscheinlichkeitsverteilung beschrieben.

Die medikamentöse Behandlung eines Patienten hängt davon ab, in welchem Behandlungsstadium sich der Patient befindet, d.h. wie lange er bereits im Krankenhaus liegt. Da auch die medikamentöse Behandlung eines Patienten zufallsabhängig ist, erfolgt die Beschreibung des von einem Patienten erzeugten Bedarfs durch insgesamt kv diskrete Wahrscheinlichkeitsverteilungen, die sich auf die einzelnen Behandlungsperioden des Patienten beziehen.

Es wird angenommen, daß der Bedarf, den ein Patient in einer Teilperiode erzeugt, allein davon abhängt, in welcher Behandlungsperiode sich der Patient befindet[3]. Der von einem Patienten erzeugte Bedarf ist damit insbesondere unabhängig von dem Bedarf, den andere Patienten erzeugen[4]. Wenn

---

1 Die Behandlung eines Patienten mit dem Präparat kann möglicherweise auch einige Teilperioden aussetzen, d.h. der Patient bekommt in diesen Teilperioden Null Mengeneinheiten von dem Präparat.

2 Ein Patient, der k Mengeneinheiten des Präparats erhalten soll, wird nicht notwendig auch mit k Mengeneinheiten behandelt, da bei einer Verknappung z.B. die Anwendung eines Ersatzpräparats in Frage kommt.

3 Die Problematik dieser Annahme wird bei der Formulierung von Modellen zur Simulation der Arzneimittelversorgung noch näher untersucht.

4 In der Realität ist der Bedarf, den ein Patient erzeugt, i.a. unabhängig von dem Bedarf, den andere Patienten erzeugen, da die Behandlung eines Patienten normalerweise die Behandlung der übrigen Patienten nicht beeinflußt.

die relevante Belegung am Anfang einer Teilperiode und die Anzahl der relevanten Patienten, die in der Teilperiode ins Krankenhaus eingeliefert werden, gegeben sind[1], kann die Bedarfsverteilung der Teilperiode durch Addition der Verteilungen[2], die den durch einzelne Patienten erzeugten Bedarf beschreiben, berechnet werden.

Beispiel:

Es ist folgende Datensituation gegeben:

$$kv = 3 \quad ; \quad mpr = 1 \; ;$$

Behandlungsperiode[3]

Bedarf k	1	2	3
0	$wm_{01} = 0,3$	$wm_{02} = 0,5$	$wm_{03} = 0,7$
1	$wm_{11} = 0,7$	$wm_{12} = 0,5$	$wm_{13} = 0,3$

Da die Verweildauer kv=3 Teilperioden beträgt, kann die relevante Belegung am Anfang einer Teilperiode durch einen Vektor mit zwei Komponenten beschrieben werden. Im folgenden wird die Verteilung des Bedarfs einer Teilperiode berechnet, wenn in der Teilperiode ein relevanter Patient ins Krankenhaus kommt und die relevante Belegung am Anfang der Teilperiode durch den Vektor (2,0) gegeben ist.

Dem Vektor (2,0) kann entnommen werden, daß zwei relevante Patienten im Krankenhaus liegen, für die die betrachtete Teilperiode die dritte Behandlungsperiode ist. Für den Bedarf BE, der von einem dieser Patienten erzeugt wird, gelten die Wahrscheinlichkeiten

1 Die Tatsache, daß am Anfang einer Teilperiode die Anzahl der relevanten Einlieferungen der Teilperiode i.a. nicht bekannt ist, wird hier nicht weiter beachtet. Bei der Ableitung eines optimalen Bestellverhaltens im nächsten Abschnitt muß sie natürlich berücksichtigt werden.

2 Wenn X und Y zwei diskrete, stochastisch unabhängige Zufallsgrößen sind, die nur Werte ≥ 0 annehmen, ergibt sich die Wahrscheinlichkeitsverteilung der Summe X+Y durch die folgenden Gleichungen:

$$W(X+Y=k) = \sum_{\substack{i,j \\ i+j=k}} W(X=i) \cdot W(Y=j), \quad k = 0,1,2,\ldots$$

Die Berechnung der Wahrscheinlichkeitsverteilung einer Summe von Zufallsgrößen wird auch Faltung genannt. Vgl. G. Menges (1972), S. 223.

3 Vgl. zur Bedeutung von wm_{kj} das Verzeichnis am Anfang dieses Abschnitts.

$$W(BE=0) = wm_{03} = 0,7 \; ; \quad W(BE=1) = wm_{13} = 0,3.$$

Für den Bedarf BE_2, der von beiden Patienten zusammen erzeugt wird, ergibt sich[1]

$$\begin{aligned} W(BE_2=0) &= 0,7 \cdot 0,7 = 0,49 \\ W(BE_2=1) &= 0,7 \cdot 0,3 + 0,3 \cdot 0,7 = 0,42 \\ W(BE_2=2) &= 0,3 \cdot 0,3 = 0,09 \\ &\text{Summe} \quad 1,00 \end{aligned}$$

Der Patient, der in der betrachteten Teilperiode eingeliefert wird, erzeugt einen Bedarf BE_1 mit

$$W(BE_1=0) = wm_{01} = 0,3 \; ; \quad W(BE_1=1) = wm_{11} = 0,7.$$

Die Verteilung des Gesamtbedarfs B, der in der betrachteten Teilperiode erzeugt wird, errechnet sich durch Addition der Verteilungen von BE_1 und BE_2.

$$\begin{aligned} W(B=0) &= 0,49 \cdot 0,3 = 0,147 \\ W(B=1) &= 0,49 \cdot 0,7 + 0,42 \cdot 0,3 = 0,469 \\ W(B=2) &= 0,42 \cdot 0,7 + 0,09 \cdot 0,3 = 0,321 \\ W(B=3) &= 0,09 \cdot 0,7 = 0,063 \\ &\text{Summe} \quad 1,000 \end{aligned}$$

Da für die Anzahl der relevanten Einlieferungen pro Teilperiode und für den Bedarf, den ein relevanter Patient in einer Teilperiode erzeugt, obere Grenzen existieren, kann eine Obergrenze mb für den Gesamtbedarf einer Teilperiode errechnet werden: In jeder Teilperiode können bis zu mp relevante Patienten eingeliefert werden. Da die Patienten kv Teilperioden im Krankenhaus liegen, werden in einer Teilperiode höchstens mp·kv Patienten mit dem Präparat behandelt. Ein Patient erzeugt in einer Teilperiode einen Bedarf von maximal mpr Mengeneinheiten. Der Gesamtbedarf einer Teilperiode kann folglich nicht größer als mb = mp · kv · mpr Mengeneinheiten sein.

---

1 Vgl. die Formeln in Anmerkung 2 auf der vorangehenden Seite.

Im obigen Beispiel ist gezeigt worden, wie die Bedarfsverteilung einer Teilperiode i durch die Addition von Wahrscheinlichkeitsverteilungen berechnet werden kann, wenn die relevante Belegung am Anfang der Teilperiode (b_i) und die Anzahl der relevanten Einlieferungen der Teilperiode (e_i) gegeben sind. Diese Abhängigkeit wird im weiteren durch Funktionen $h_k(b_i,e_i)$, k=0,...,mb, formal beschrieben: $h_k(b_i,e_i)$ gibt die Wahrscheinlichkeit an, daß der Bedarf der i-ten Teilperiode bei gegebenem b_i,e_i gleich k ist.

Abbildung 12 verdeutlicht den in diesem Abschnitt dargestellten Prozeß, durch den in den Modellen zur Vorgehensweise 3 der Bedarf erzeugt wird[1].

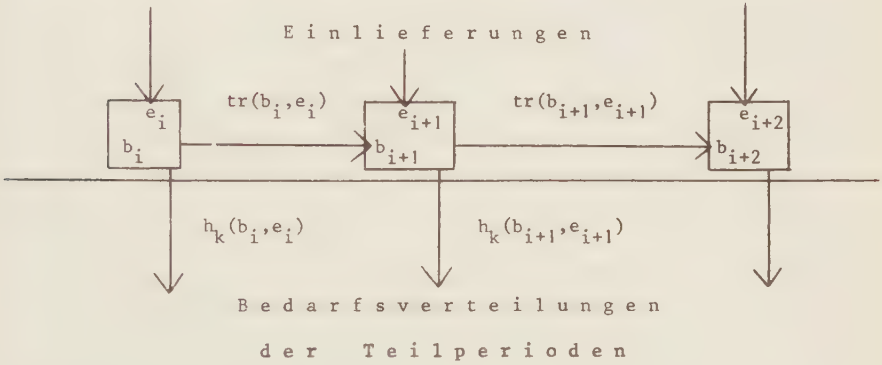


Abb. 12: Die Erzeugung des Bedarfs in den Modellen zur Vorgehensweise 3

Abbildung 12 zeigt, daß die relevante Belegung b_i am Anfang der i-ten Teilperiode und die Anzahl der relevanten Einlieferungen e_i der i-ten Teilperiode über die Transformation tr die Belegung b_{i+1} am Anfang der i+1-ten Teilperiode bestimmen: $b_{i+1} = tr(b_i,e_i)$. Auch die Wahrscheinlichkeit, daß in der i-ten Teilperiode ein Bedarf von k Mengeneinheiten auftritt ($h_k(b_i,e_i)$), hängt von b_i und e_i ab.

Abschließend soll die Erzeugung des Bedarfs in einem Spezialfall untersucht werden. Wenn kv=1 gilt, d.h. wenn ein relevanter Patient nur eine Teilperiode behandelt wird[2], exisistiert keine relevante Belegung am An-

1 Vgl. zu Abb. 12 auch Abb. 5 (S. 37).

2 Die Annahme kv=1 ist z.B. für alle Patienten realistisch, die im Krankenhaus ambulant behandelt werden.

fang einer Teilperiode. Denn ein relevanter Patient wird spätestens nach einer Teilperiode entlassen. In diesem Fall ist der Bedarf einer Teilperiode unabhängig von der relevanten Belegung am Anfang der Teilperiode. Insbesondere existiert keine stochastische Abhängigkeit zwischen dem Bedarf aufeinanderfolgender Teilperioden. Der Bedarf erfüllt damit die Prämissen der Modelle zur Vorgehensweise 2[1]. Folglich muß die Anwendung der Vorgehensweise 3 in dem angegebenen Spezialfall zu den gleichen Ergebnissen führen wie die Anwendung der Vorgehensweise 2.

3263. Die Ableitung eines optimalen Bestellverhaltens

Ähnlich wie bei der Vorgehensweise 2 wird im folgenden ein optimales Bestellverhalten unter den Prämissen der Modelle zur Vorgehensweise 3 mit Hilfe der stochastischen Dynamischen Programmierung abgeleitet[2]. Neben den bereits erläuterten Bezeichnungen werden die nachstehenden Funktionen verwendet[3]:

Bezeichnungen

$HKE_i(xa_i,b_i,e_i)$ - Erwartungswert der Gesamtkosten der Lagerhaltung der Teilperioden i,...,n ohne die Bestellkosten der i-ten Teilperiode bei optimalem Bestellverhalten in den Teilperioden i+1,...,n, wenn die relevante Belegung am Anfang der i-ten Teilperiode (b_i) und die Anzahl der relevanten Einlieferungen der i-ten Teilperiode (e_i) gegeben sind. Dim: /¯GE¯/.

$HKB_i(xa_i,b_i)$ - die Funktion hat die gleiche Bedeutung wie die Funktion $HKE_i(xa_i,b_i,e_i)$ bis auf die Tatsache, daß die Anzahl der relevanten Einlieferungen der i-ten Teilperiode nicht gegeben ist. Dim.: /¯GE¯/.

$HK_i(xe_{i-1},b_i)$ - Erwartungswert der Gesamtkosten der Lagerhaltung der Teilperioden i,...,n bei optimalem Bestellverhalten in Abhängigkeit von der relevanten Belegung b_i und dem Lager-

1 Es sei darauf hingewiesen, daß der Bedarf auch dann die Prämissen der Modelle zur Vorgehensweise 2 erfüllt, wenn am Anfang jeder Teilperiode die gleiche relevante Belegung vorliegt oder wenn Veränderungen der relevanten Belegung keinen Einfluß auf die Höhe des Bedarfs haben.

2 Vgl. zum Vorgehen in diesem Abschnitt C. Müller, T. Witte (1976).

3 Eine vollständige Liste aller Bezeichnungen kann im Anhang nachgelesen werden.

bestand xe_{i-1} vor einer eventuellen Bestellung am Anfang der i-ten Teilperiode. Dim.: /GE/.

Die Funktion HKE_i, HKB_i und HK_i werden sukzessive für i=n,...,1 berechnet. Das Vorgehen ähnelt der Ableitung eines optimalen Bestellverhaltens im Abschnitt 3241.

Bei gegebenen b_n,e_n gibt $h_k(b_n,e_n)$ die Wahrscheinlichkeit an, daß der Bedarf der n-ten Teilperiode gleich k ist. Es ergibt sich für $HKE_n(xa_n,b_n,e_n)$ die Beziehung[1]

$$(1) \qquad HKE_n(xa_n,b_n,e_n) = \sum_{k=0}^{mb} h_k(b_n,e_n) \cdot V_n(xa_n,k).$$

Bei der Berechnung von $HKB_n(xa_n,b_n)$ ist die Anzahl der relevanten Einlieferungen der n-ten Teilperiode (e_n) nicht gegeben. Die Wahrscheinlichkeit, daß l relevante Patienten eingeliefert werden (e_n=l), ist gleich wp_l. $HKB_n(xa_n,b_n)$ wird aus $HKE_n(xa_n,b_n,e_n)$ durch Gewichtung mit wp_l und Summation über l=0,...,mp berechnet.

$$(2) \qquad HKB_n(xa_n,b_n) = \sum_{l=0}^{mp} wp_l \cdot HKE_n(xa_n,b_n,l).$$

Der Erwartungswert der Gesamtkosten der Lagerhaltung der n-ten Teilperiode ergibt sich, wenn zu $HKB_n(xa_n,b_n)$ die Bestellkosten der n-ten Teilperiode ($g(Q_n)$) addiert werden. Die Bestellmenge Q_n muß so groß sein, daß der Erwartungswert minimiert wird. Es folgt[2]

$$(3) \qquad HK_n(xe_{n-1},b_n) = \min_{Q_n \geq 0} \{ HKB_n(xe_{n-1} + Q_n,b_n) + g(Q_n) \} .$$

Die Gleichung (3) zeigt, daß bei der Vorgehensweise 3 im Unterschied zur Vorgehensweise 2 die Bestellmenge Q_n nicht nur in Abhängigkeit vom Lagerbestand xe_{n-1}, sondern auch in Abhängigkeit von der relevanten Belegung b_n bestimmt wird.

Bei der sukzessiven Berechnung von HKE_i für i < n muß im Unterschied zu (1) der Erwartungswert der Gesamtkosten der Teilperioden i+1,...,n berücksichtigt werden. Es wird ferner die Tatsache verwendet, daß sich die rele-

---

1 Vgl. zu (1) die Beziehung (2) im Abschnitt 3241. (S. 87).

2 Vgl. zu (3) die Beziehung (4) im Abschnitt 3241. (S. 88).

vante Belegung am Anfang der (i+1)-Teilperiode (b_{i+1}) aus der relevanten Belegung am Anfang der i-ten Teilperiode (b_i) und der Anzahl der relevanten Einlieferungen der i-ten Teilperiode (e_i) durch die Transformation $b_{i+1} = tr(b_i,e_i)$ ergibt. Es folgen die Gleichungen

$$(4)^1 \quad HKE_i(xa_i,b_i,e_i) = \sum_{k=0}^{mb} h_k(b_i,e_i) \cdot \{V_i(xa_i,k) + HK_{i+1}(\max(0,xa_i-k),tr(b_i,e_i))\}$$

$$(5)^2 \quad HKB_i(xa_i,b_i) = \sum_{l=0}^{mp} wp_l \cdot HKE_i(xa_i,b_i,l)$$

$$(6)^3 \quad HK_i(xe_{i-1},b_i) = \min_{Q_i \geq 0} \{ HKB_i(xe_{i-1} + Q_i,b_i) + g(Q_i) \} .$$

Mit Hilfe der Gleichungen (4), (5), (6) können die Funktionen HKE_i, HKB_i und HK_i sukzessive für i=n-1,...,1 berechnet werden. Nach der Durchführung dieser Rechnungen ist durch $HK_1(xe_0,b_1)$ der Erwartungswert der Gesamtkosten des Planungszeitraums in Abhängigkeit vom Lageranfangsbestand xe_0 und der relevanten Belegung b_1 am Anfang der ersten Teilperiode gegeben, wenn ein optimales Bestellverhalten angewendet wird.

Auch hier soll wie bei der Vorgehensweise 2 auf das Problem eingegangen werden, welches Aussehen ein optimales Bestellverhalten hat, d.h. durch welche Bestellmenge Q_i bei einem Lagerbestand xe_{i-1} und einer relevanten Belegung b_i der Erwartungswert der Gesamtkosten in (6) minimiert wird. Es kann allgemein gezeigt werden[4], daß unter den gesetzten Prämissen ein optimales Bestellverhalten in allen Teilperioden des Planungszeitraums durch eine (s,S)-Politik gegeben ist. Im Unterschied zum Bestellverhalten in den Modellen zur Vorgehensweise 2 hängen hier die optimalen Bestellparameter s_i, S_i der i-ten Teilperiode von der relevanten Belegung b_i am Anfang der i-ten Teilperiode ab, d.h. es gilt $s_i = s_i(b_i)$ und $S_i = S_i(b_i)$. Bei einer Anwendung dieser Bestellpolitik erfüllen die Bestellmengen Q_i am Anfang der i-ten Teilperiode die Beziehung[5]

---

1 Vgl. zu (4) Beziehung (6) des Abschnitts 3241. (S. 88).

2 Vgl. zu (5) Beziehung (2).

3 Vgl. zu (6) Beziehung (3); vgl. ferner die Beziehung (7) des Abschnitts 3241. (S. 88).

4 Zum Beweis vgl. C. Müller, T. Witte (1976).

5 Vgl. zu (7) Beziehung (8) des Abschnitts 3241. (S. 89).

$$(7) \quad Q_i = \begin{cases} 0 & \text{für } xe_{i-1} \geq s_i(b_i), \text{ d.h. es wird nicht bestellt} \\ S_i(b_i) - xe_{i-1} & \text{für } xe_{i-1} < s_i(b_i), \text{ d.h. es wird bestellt} \end{cases}$$

Bei der Berechnung von Beispielen zur Vorgehensweise 2 ergab sich, daß bei langfristiger Betrachtung in verschiedenen Teilperioden des Planungszeitraums die gleichen Bestellparameter s,S optimal sind, da in den Modellen zur Vorgehensweise 2 in allen Teilperioden die gleiche Bedarfsverteilung und die gleichen Kostensätze gelten. Ein langfristig optimales Bestellverhalten konnte deshalb durch die Angabe von zwei Parametern s,S, die in allen Teilperioden verwendet wurden, eindeutig beschrieben werden. Ähnlich ergab sich bei der Berechnung von Beispielen zur Vorgehensweise 3, daß bei langfristiger Betrachtung die optimalen Bestellparameter $s_i(b_i)$, $S_i(b_i)$ allein von der relevanten Belegung b_i abhängen und von der Teilperiode i unabhängig sind, d.h. daß sich in verschiedenen Teilperioden für die gleiche relevante Belegung auch die gleichen Bestellparameter ergeben[1]. Der Grund hierfür liegt darin, daß in den Modellen zur Vorgehensweise 3 in allen Teilperioden die gleichen Kostensätze gelten und die Einlieferung relevanter Patienten in allen Teilperioden durch die gleiche Wahrscheinlichkeitsverteilung beschrieben wird. Bei langfristiger Betrachtung reicht es deshalb zur eindeutigen Beschreibung einer nach der Vorgehensweise 3 abgeleiteten Bestellpolitik aus, wenn für jede Ausprägung der relevanten Belegung ein Paar optimaler Bestellparameter s,S angegeben wird.

Der Unterschied zwischen den Vorgehensweisen 2 und 3 soll noch einmal verdeutlicht werden: In den Modellen zur Vorgehensweise 2 wird der Bedarf in allen Teilperioden durch die gleiche Wahrscheinlichkeitsverteilung beschrieben. Ein langfristig optimales Bestellverhalten ist durch eine (s,S)-Politik mit den gleichen Parametern s,S in allen Teilperioden gegeben. In den Modellen zur Vorgehensweise 3 hängt der Bedarf von der relevanten Belegung ab. Folglich müssen hier bei optimalem Bestellverhalten die Parameter s,S am Anfang jeder Teilperiode an die relevante Belegung angepaßt werden.

Im letzten Abschnitt ist darauf hingewiesen worden, daß der Bedarf in den Modellen zur Vorgehensweise 3 die Prämissen der Modelle zur Vorgehensweise 2 erfüllt, wenn die Verweildauer der relevanten Patienten kv=1 Teilperioden beträgt. In diesem Fall existiert am Anfang einer Teilperiode

---

1 Vgl. auch das im nächsten Abschnitt dargestellte Beispiel

keine relevante Belegung, d.h. die optimalen Bestellparameter sind unabhängig von der relevanten Belegung. Die Überlegung zeigt, daß sich das optimale Bestellverhalten, das unter den Prämissen der Modelle zur Vorgehensweise 2 abgeleitet worden ist, als Spezialfall der in diesem Abschnitt unter allgemeineren Prämissen bestimmten optimalen Bestellpolitik ergibt.

Die Ableitung eines Bestellverhaltens nach der Vorgehensweise 3 ist kompliziert und führt zu hohen Datenverarbeitungskosten. Auch die Kosten der Datenerfassung bei einer Anwendung des Bestellverhaltens sind höher, als wenn eine nach den Vorgehensweisen 1 oder 2 abgeleitete Bestellpolitik angewendet wird, da am Anfang einer Teilperiode nicht nur der Lagerbestand, sondern auch die relevante Belegung des Krankenhauses bekannt sein muß. Im nächsten Abschnitt wird untersucht, unter welchen Bedingungen und auf welche Weise die Vorgehensweise 3 zur Planung des Bestellverhaltens in einer Krankenhausapotheke eingesetzt werden kann.

3264. Die Möglichkeiten für eine Anwendung der Vorgehensweise: Berechnung eines Beispiels

Wenn die Vorgehensweise 3 zur Planung des Bestellverhaltens in einer Krankenhausapotheke eingesetzt werden soll, ist es naheliegend, die optimalen Parameter s,S für jede mögliche Ausprägung der relevanten Belegung zu berechnen[1] und zu tabellieren. Der Apotheker müßte dann nach jeder Arzneimittelausgabe die relevante Belegung feststellen, die Parameter in der Tabelle nachsehen und seine Bestellung danach ausrichten. Das nachstehende Beispiel zeigt, daß dieses Vorgehen wegen der großen Anzahl der möglichen Ausprägungen der relevanten Belegung nur in sehr kleinen Problemstellungen realisierbar ist.

Beispiel:

In einem Krankenhaus findet täglich eine Arzneimittelausgabe statt, d.h. die Länge einer Teilperiode ist ein Tag. Die Verweildauer bei einer Krankheit beträgt 20 Tage. Die Belegung des Krankenhauses durch Patienten mit dieser Krankheit kann formal durch einen Vektor mit 19 Komponenten be-

1 Die optimalen Parameter s,S können grundsätzlich mit Hilfe eines Computers unter Verwendung der Formeln (4), (5), (6) des letzten Abschnitts berechnet werden. Vgl. auch das Computerprogramm NVE im Anhang III.

schrieben werden. Wenn an einem Tag bis zu 20 Patienten mit dieser Krankheit ins Krankenhaus kommen, kann jede Komponente des Vektors Werte zwischen 0 und 20, d.h. insgesamt 21 verschiedene Werte, annehmen. Die Anzahl der möglichen Ausprägungen der relevanten Belegung beträgt dann

$$21^{19} = 1{,}325 \cdot 10^{25}.$$

Wenn ein Computer die Parameter s,S für 10 000 Ausprägungen der relevanten Belegung in einer Sekunde berechnet, wird zur Ableitung der optimalen Parameter für alle 21^{19} möglichen Ausprägungen eine Zeit von $21^{19}/10\,000$ Sekunden = ca. 42 000 000 000 000 Jahre gebraucht. Die Ableitung und Tabellierung der Parameter s,S für alle möglichen Ausprägungen der relevanten Belegung ist in dieser Situation natürlich illusorisch.

Wenn eine direkte Anwendung der Vorgehensweise 3 nicht ohne weiteres realisierbar ist, bieten sich zwei Möglichkeiten zur Berücksichtigung der relevanten Belegung bei der Aufgabe der Bestellungen an:

1) Die Bestellparameter werden nicht bei jeder geringfügigen, sondern nur bei einer "erheblichen" Veränderung der relevanten Belegung angepaßt.

2) Die Bestellparameter werden in Abhängigkeit von der relevanten Belegung für jede Teilperiode neu berechnet[1].

Die zweite Möglichkeit führt zu hohen Datenverarbeitungskosten, da die Bestellparameter häufig neu abgeleitet werden müssen. Sie wird deshalb hier nicht weiter behandelt.

Die unter 1) vorgeschlagene begrenzte Anpassung des Bestellverhaltens an die relevante Belegung ist dagegen i.a. unproblematisch und in vielen Fällen in Betracht zu ziehen.

Beispiel:

In einem Krankenhaus werden im Durchschnitt 10 Patienten pro Tag mit einem bestimmten Präparat behandelt. Die Anzahl der Patienten, die an einem Tag das Präparat erhalten, schwankt in der Regel zwischen 5 und 15 und ist nur

1 Näherungsweise können die Bestellparameter in Abhängigkeit von der relevanten Belegung abgeleitet werden, indem am Anfang einer Teilperiode der Bedarf der folgenden Teilperioden unter Berücksichtigung der relevanten Belegung möglichst genau prognostiziert wird und anschließend die Parameter s,S unter Vernachlässigung der Abhängigkeit zwischen dem Bedarf in verschiedenen Teilperioden berechnet werden.

in Ausnahmefällen größer als 15. Der Apotheker trifft die Bestellentscheidungen bei der Lagerhaltung des Präparats normalerweise nach jeder Arzneimittelausgabe mit Hilfe der gleichen Bestellparameter. Erst wenn auf Grund der Belegung des Krankenhauses damit zu rechnen ist, daß über mehrere Tage hinweg mehr als 15 Patienten pro Tag mit dem Präparat behandelt werden, paßt der Apotheker das Bestellverhalten an die relevante Belegung an, da in diesem Fall der Bedarf an dem Präparat voraussichtlich für einige Tage wesentlich höher als der durchschnittliche Bedarf ist.

Es sei darauf hingewiesen, daß eine Anpassung der Parameter der Bestellpolitik an die relevante Belegung nicht nur bei der Anwendung einer (s,S)-Politik möglich ist. Auch dann, wenn die Bestellpolitik der Vorgehensweise 1 angewendet wird, kommt u.U. eine Anpassung der Meldemenge und der Bestellmenge an die relevante Belegung in Frage.

Während bisher gezeigt worden ist, daß in vielen Fällen nur eine "grobe" Anpassung des Bestellverhaltens an die relevante Belegung realisiert werden kann, wird im folgenden untersucht, unter welchen Bedingungen eine genaue Anwendung der Vorgehensweise 3 bei der Planung der Bestellentscheidungen in Frage kommt. Die Anzahl der möglichen Ausprägungen der relevanten Belegung hängt von der Obergrenze mp für die Anzahl der relevanten Patienten ab, die pro Periode ins Krankenhaus eingeliefert werden. Wie das folgende Beispiel zeigt, kann die Obergrenze mp i.a. niedrig angesetzt werden, wenn nur selten relevante Patienten ins Krankenhaus kommen.

Beispiel:

Die Länge einer Teilperiode beträgt in diesem Beispiel ein Tag. Im Durchschnitt wird pro Jahr ein relevanter Patient eingeliefert. In einer derartigen Situation ist die Wahrscheinlichkeit, daß an einem Tag mehr als ein relevanter Patient eingeliefert wird, i.a. so gering, daß sie vernachlässigt werden kann. Die Obergrenze mp kann dann auf mp=1 festgelegt werden.

Bei einer niedrigen Obergrenze mp ist die Anzahl der möglichen Ausprägungen der relevanten Belegung oft so klein, daß die Ableitung optimaler Bestellparameter durch die Vorgehensweise 3 keine Schwierigkeiten bereitet. Im folgenden wird in einem Beispiel gezeigt, welches Bestellverhalten sich bei einer Anwendung der Vorgehensweise 3 ergeben kann, wenn nur selten ein relevanter Patient eingeliefert wird.

Beispiel:

Es liegt die nachstehende Datensituation vor:

Anzahl der Behandlungsperioden eines relevanten Patienten: kv = 3.
Maximale Anzahl relevanter Einlieferungen pro Teilperiode: mp = 1.
Maximale Anzahl der Mengeneinheiten des Präparats, die
ein Patient in einer Teilperiode erhält: mpr = 3.
Wahrscheinlichkeit, daß kein bzw. ein relevanter
Patient in einer Teilperiode eingeliefert werden: $wp_0 = 0{,}98$; $wp_1 = 0{,}02$.

Behandlungsperiode

Bedarf	1	2	3
0	$wm_{01} = 0$	$wm_{02} = 0$	$wm_{03} = 0$
1	$wm_{11} = 0$	$wm_{12} = 0$	$wm_{13} = 0$
2	$wm_{21} = 0{,}2$	$wm_{22} = 0{,}2$	$wm_{23} = 0{,}2$
3	$wm_{31} = 0{,}8$	$wm_{32} = 0{,}8$	$wm_{33} = 0{,}8$

$cl = 0{,}1\lceil GE/(ME \cdot PE)\rceil$, $cf = 4\lceil GE/ME\rceil$, $cb = 10\lceil GE\rceil$.

mp=1 bedeutet, daß pro Teilperiode maximal ein relevanter Patient eingeliefert wird. Im Durchschnitt kommt alle 50 Teilperioden ein relevanter Patient ins Krankenhaus ($wp_1 = 0{,}02$), der insgesamt 3 Teilperioden mit dem Präparat behandelt wird (kv=3). Ein relevanter Patient erzeugt in jeder Behandlungsperiode mit einer Wahrscheinlichkeit von 20 % einen Bedarf von 2 Mengeneinheiten ($wm_{21} = wm_{22} = wm_{23} = 0{,}2$) und mit einer Wahrscheinlichkeit von 80 % einen Bedarf von 3 Mengeneinheiten ($wm_{31} = wm_{32} = wm_{33} = 0{,}8$) des Präparats.

Wegen kv=3 kann die relevante Belegung am Anfang einer Teilperiode durch einen Vektor mit 2 Komponenten abgebildet werden. Es sind insgesamt 4 verschiedene Ausprägungen der relevanten Belegung möglich:

$$(0,0)\ ;\ (0,1)\ ;\ (1,0)\ ;\ (1,1).$$

In Tabelle 6 sind die langfristig optimalen Bestellparameter s,S in Ab-

hängigkeit von der relevanten Belegung für die vorliegende Datensituation angegeben[1].

relevante Belegung	optimale Parameter s,S
(0,0)	0,0
(0,1)	3,6
(1,0)	1,3
(1,1)	6,9

Tab. 6: Optimale Bestellparameter in Abhängigkeit von der relevanten Belegung

Der Erwartungswert der Gesamtkosten, die unter den Modellprämissen bei einer Anwendung des abgeleiteten Bestellverhaltens in einer Teilperiode auftreten, hängt von der relevanten Belegung am Anfang der Teilperiode ab. Wenn die erwarteten Gesamtkosten, die bei einer speziellen Ausprägung der relevanten Belegung in einer Teilperiode entstehen, mit der Wahrscheinlichkeit für das Auftreten dieser speziellen Ausprägung gewichtet und über alle möglichen Ausprägungen der relevanten Belegung aufsummiert werden, ergeben sich die langfristig entstehenden durchschnittlichen Gesamtkosten pro Teilperiode. Im dargestellten Beispiel betragen die durchschnittlichen Gesamtkosten der Lagerhaltung bei einer Anwendung des abgeleiteten Bestellverhaltens ca. 0,45 Geldeinheiten pro Teilperiode[2].

Die in Tabelle 6 dargestellten optimalen Bestellparameter können einfach interpretiert werden. Wenn kein relevanter Patient im Krankenhaus liegt (relevante Belegung = (0,0)), wird auf eine Bevorratung des Präparats ver-

1 Die Berechnungen, deren Ergebnisse in Tab. 6 dargestellt sind, wurden mit dem Computerprogramm NVE unter Verwendung der Formeln des letzten Abschnitts durchgeführt. Vgl. zum Programm NVE Anhang III. Bei der Durchführung der Berechnungen auf einem IBM-Computer 360/50 betrug die CPU-Zeit ca. 1 Minute. Da das Programm NVE primär zu Testzwecken und nicht zu einer möglichst schnellen Berechnung von Bestellparametern entwickelt worden ist, kann durch die Entwicklung und Anwendung geeigneter EDV-Programme die zur Berechnung optimaler Bestellparameter benötigte CPU-Zeit noch reduziert werden.

2 Die durchschnittlichen Gesamtkosten können konkret auf folgende Weise berechnet werden: Bei der Ableitung der optimalen Bestellparameter müssen u.a. die Funktionen $HK_i(xe_{i-1},b_i)$ sukzessive für i=n,...,1 berechnet werden (vgl. (6) im Abschnitt 3263., S. 110). Nach der Durchführung dieser Rechnungen gibt $HK_1(xe_o,b_1)$ die erwarteten Gesamtkosten des Planungszeitraums in Abhängigkeit von xe_o und b_1 bei optimalem Bestellverhalten an. Wenn der Planungszeitraum ausreichend lang ist, kann der Einfluß vernachlässigt werden, den xe_o und b_1 - d.h. der Anfangszustand des Modells - auf die Gesamtkosten ausüben. In diesem Fall ergeben sich die durchschnittlichen Kosten pro Teilperiode, wenn $HK_1(xe_o,b_1)$ durch die Anzahl der Teilperioden des Planungszeitraums dividiert wird. Vgl. zu diesem Vorgehen auch Anmerkung 2 auf S. 92.

zichtet ((s,S) = (0,0)), da das Präparat nur selten gebraucht wird und die Lagerhaltungskosten zu hoch sind. Wenn dagegen Patienten im Krankenhaus mit dem Präparat behandelt werden, wird so viel bestellt, daß eine Deckung des Bedarfs, der durch diese Patienten verursacht werden kann, möglich ist. Wenn z.B. am Anfang einer Teilperiode die relevante Belegung gleich (0,1) und der Lagerbestand gleich Null ist, wird das Lager auf 6 Mengeneinheiten aufgefüllt ((s,S) = (3,6)), da der im Krankenhaus liegende relevante Patient noch insgesamt zwei Teilperioden behandelt wird und in dieser Zeit einen Bedarf von 6 Mengeneinheiten erzeugen kann.

33. Die ABC-Analyse: Simultane Planung des Bestellverhaltens für die C-Präparate

In den letzten Abschnitten sind Verfahren zur isolierten Ableitung einer Bestellpolitik für einzelne Präparate entwickelt worden. Bei der Planung des Bestellverhaltens für alle in einer Krankenhausapotheke gelagerten Präparate ist u.a. zu überlegen, welche dieser Verfahren eingesetzt werden sollen und wie Interdependenzen, die bei der Lagerhaltung der Präparate auftreten[1], berücksichtigt werden können. Im folgenden soll ein Vorgehen erläutert werden, das eine Hilfe bei diesen Überlegungen ist und eine effektive Planung der Bestellentscheidungen für alle Präparate wesentlich erleichtert.

Empirische Untersuchungen haben gezeigt, daß die Umsätze der einzelnen Präparate in einem Krankenhaus sehr unterschiedlich sind. In einem Fall wurde z.B. festgestellt[2], daß bei einem Sortimentsumfang von 1441 Präparaten in einem Jahr die 11 umsatzstärksten Präparate zusammen einen Anteil von 25 % am gesamten Medikamentenumsatz hatten. Die 44 umsatzstärksten Präparate hatten einen Anteil von 50 % und die 108 umsatzstärksten Präparate einen Anteil von 70 % am Medikamentenumsatz. Dagegen wurden 332 Präparate während des ganzen Jahres nur einmal und 732 Präparate nur viermal und weniger verordnet. Die Zahlen zeigen, daß der größte Teil des Medikamentenumsatzes in einem Krankenhaus durch wenige Präparate verursacht wird. Aus den unterschiedlichen Umsätzen ergeben sich auch große Unterschiede in den Kosten,

---

1 Vgl. zu den Interdependenzen bei der Lagerhaltung mehrerer Präparate Abschnitt 315.

2 Vgl. M. Gebhardt (1973). Der Autor verwendet die Begriffe "Medikamente" bzw. "Gesamtumsatz" in der gleichen Bedeutung, wie in dieser Arbeit die Begriffe "Präparate" bzw. "Medikamentenumsatz" gebraucht werden.

die jährlich durch die Lagerhaltung der Präparate verursacht werden[1]. Es ist in dieser Situation naheliegend, die Bestellpolitik für verschiedene Präparate mit unterschiedlicher Genauigkeit zu planen. Dies kann z.B. mit Hilfe der ABC-Analyse geschehen[2].

Das Prinzip der ABC-Analyse besteht darin, die Güter eines Lagerhaltungssystems in drei Klassen und zwar in A-Güter, B-Güter und C-Güter einzuteilen. Das Bestellverhalten wird für die Güter der verschiedenen Klassen mit unterschiedlicher Genauigkeit abgeleitet. Ein vernünftiges Kriterium, nach dem die Klasseneinteilung vorgenommen werden kann, ist i.a. die Höhe der jährlichen Umsätze der einzelnen Güter, wobei hier unter dem Umsatz eines Gutes der mit dem Einstandspreis bewertete Verbrauch des Gutes verstanden wird. Da bei der Lagerhaltung von Gütern mit hohen jährlichen Umsätzen in der Regel auch hohe jährliche Kosten entstehen, ist es i.a. sinnvoll, die Bestellentscheidungen für die umsatzstarken Güter mit einer größeren Genauigkeit als für die umsatzschwachen Güter zu planen.

Zur Klasseneinteilung werden Güter mit hohen jährlichen Umsätzen in einer Klasse zusammengefaßt und A-Güter genannt. Entsprechend werden Güter mit mittleren bzw. niedrigen jährlichen Umsätzen als B- bzw. C-Güter in Klassen zusammengefaßt. Die Anzahl der A-Güter ist i.a. relativ gering. Während für die C-Güter eine grobe Bestimmung des Bestellverhaltens ausreicht, ist bei der Planung der Bestellentscheidungen für die B- und A-Güter ein genaueres Vorgehen sinnvoll.

Es bereitet keine Schwierigkeiten, die ABC-Analyse als Hilfsmittel bei der Planung der Bestellentscheidungen in einer Krankenhausapotheke einzusetzen[3]. Die Präparate können anhand ihrer Umsätze durch die Vorgabe von

---

1 Vgl. zu den unterschiedlichen jährlichen Gesamtkosten der Lagerhaltung der Präparate auch die Simulationsergebnisse des Abschnitts 3462. Eine extrem ungleiche Bedeutung verschiedener gelagerter Güter im Hinblick auf die Gesamtkosten der Lagerhaltung ist typisch für Lagerhaltungssysteme, die eine große Anzahl von Gütern umfassen. Vgl. hierzu G. Hadley, T.M. Whitin (1963), S. 424.

2 Vgl. zur ABC-Analyse K. Fäßler, P.U. Kupsch (1972), S. 236 ff. Zum Vorgehen vgl. ferner G. Hadley, T.M. Whitin (1963), S. 424.

3 Die Anwendung der ABC-Analyse im Krankenhaus wird z.B. empfohlen in H.W. Hübner, H.J. Schmitt (1973), S. 4.

zwei Umsatzgrenzen GR1 und GR2 mit GR1 < GR2 einfach in drei Klassen eingeteilt werden, wenn folgende Vereinbarung getroffen wird:

Der jährliche Umsatz der C-Präparate ist kleiner als GR1.

Der jährliche Umsatz der B-Präparate liegt zwischen GR1 und GR2.

Der jährliche Umsatz der A-Präparate ist größer als GR2.

Es bleibt jedoch noch zu klären, wie die Umsatzgrenzen GR1 und GR2 festgelegt werden können. Im Abschnitt 325. ist untersucht worden, wie stark die Gesamtkosten der Lagerhaltung unter bestimmten Bedingungen gesenkt werden können, wenn die Vorgehensweise 2 an Stelle der Vorgehensweise 1 zur Ableitung des Bestellverhaltens eingesetzt wird. Ähnliche Untersuchungen können theoretisch zur Festlegung von GR1 und GR2 führen: Die Senkung der Gesamtkosten der Lagerhaltung eines Präparats, die durch eine genauere Ableitung des Bestellverhaltens erzielt werden kann, nimmt mit steigendem Umsatz des Präparats i.a. zu[1]. Eine genauere Ableitung des Bestellverhaltens ist vorteilhaft, wenn die Senkung der Gesamtkosten der Lagerhaltung die Steigerung der Datenerfassungs- und Datenverarbeitungskosten übertrifft. Durch eine genaue Berechnung der entstehenden Kosten kann deshalb grundsätzlich festgestellt werden, wie hoch der Umsatz eines Präparats sein muß, damit eine Zuordnung des Präparats zur Klasse der B- oder A-Präparate, d.h. eine genauere Ableitung des Bestellverhaltens vorteilhaft ist.

Das skizzierte Vorgehen zur genauen Bestimmung der Grenzen GR1 und GR2 ist sehr aufwendig und kommt für den praktischen Einsatz in der Krankenhausapotheke nicht in Frage. Der Apotheker muß vielmehr die Umsatzgrenzen intuitiv auf Grund seiner Erfahrung festsetzen. Um die Anwendung der ABC-Analyse in der Krankenhausapotheke zu veranschaulichen, wird im folgenden exemplarisch gezeigt, wie eine Klasseneinteilung der Präparate mit Hilfe von Umsatzgrenzen durchgeführt werden kann und welche Verfahren zur Ableitung eines Bestellverhaltens in den verschiedenen Klassen in Frage kommen.

---

1 Vgl. auch die Tabellen 4 und 5 im Abschnitt 325. Der Umsatz eines Präparats steigt, wenn sich der durchschnittliche Bedarf oder der Preis und damit der Lagerhaltungskostensatz vergrößern. Die Spalte REDABS in den Tabellen 4 und 5 zeigt, daß sich in beiden Fällen die Senkung der Gesamtkosten der Lagerhaltung vergrößert, die durch die Anwendung der Vorgehensweise 2 an Stelle der Vorgehensweise 1 erreicht werden kann.

Wenn als Umsatzgrenzen GR1 = 500 DM und GR2 = 5000 DM festgelegt werden, gilt folgende Klasseneinteilung:

A-Präparate: Präparate mit einem jährlichen Umsatz über 5000 DM.

B-Präparate: Präparate mit einem jährlichen Umsatz zwischen 500 DM und 5000 DM.

C-Präparate: Präparate mit einem jährlichen Umsatz unter 500 DM.

In Ausnahmefällen - z.B. wenn ein Präparat in Relation zum Umsatz außergewöhnlich hohe Gesamtkosten der Lagerhaltung verursacht oder wenn die Haltbarkeit eines Präparats sehr begrenzt ist - kann es sinnvoll sein, auch Präparate mit einem niedrigen jährlichen Umsatz der Klasse der A-Präparate zuzuordnen.

Die Gesamtkosten der Lagerhaltung eines C-Präparats sind i.a. niedrig[1]. Es ist einleuchtend, daß die Ableitung eines Bestellverhaltens für C-Präparate mit Hilfe komplizierter mathematischer Methoden i.d.R. nicht sinnvoll ist, da die dabei entstehenden zusätzlichen Kosten im Bereich der Datenerfassung und Datenverarbeitung durch eine eventuelle Reduktion der Gesamtkosten der Lagerhaltung kaum kompensiert werden können. Vielmehr kommt für C-Präparate nur ein einfaches Vorgehen bei der Ableitung des Bestellverhaltens in Frage. In Betracht zu ziehen ist z.B. die folgende simultane Festlegung einer Bestellpolitik[2].

Alle C-Präparate werden jeweils am Anfang eines Jahres nachbestellt. Die Bestellmengen sind so dimensioniert, daß der Jahresbedarf mit großer Wahrscheinlichkeit gedeckt werden kann.

Welche Konsequenzen ergeben sich aus einer Anwendung dieses Bestellverhaltens? Zunächst wird der Apotheker im Beschaffungsbereich erheblich entlastet, da er im Laufe eines Jahres nach der einmaligen Bestellung der C-Präparate nur noch A- und B-Präparate nachbestellen muß. Da alle C-Präparate gleichzeitig bestellt werden, ist u.U. eine Senkung der durch die Be-

---

1 Vgl. auch die Simulationsergebnisse im Abschnitt 3462. Für C-Präparate werden dort durchschnittliche Gesamtkosten der Lagerhaltung von weniger als 50 DM pro Jahr berechnet.

2 Vgl. auch G. Hadley, T.M. Whitin (1963), S. 424. Möglichkeiten zur Organisation der Beschaffung geringwertiger Güter im Krankenhaus werden diskutiert in J.E. Holmgren (1971).

stellung eines C-Präparats verursachten Kosten möglich[1]. Ferner sind die Kosten der Datenerfassung und Datenverarbeitung bei einer Anwendung des vorgeschlagenen Bestellverhaltens sehr gering.

Für die B-Präparate ist ein genaueres Vorgehen bei der Ableitung eines Bestellverhaltens sinnvoller als für die C-Präparate. Möglich ist z.B. eine Anwendung der Bestellpolitik der Vorgehensweise 1. Die Bestellmengen können mit Hilfe der Formel (12) des Abschnitts 3232. berechnet werden. Wenn die Lagerhaltungskosten eines Präparats durch die Kapitalbindungskosten gegeben sind und z.B. ein Bestellkostensatz von cb=10 DM und ein Zinssatz von 10 % pro Jahr angesetzt werden, ist der Zeitraum, dessen Bedarf im Durchschnitt durch die abgeleitete Bestellmenge gedeckt wird, i.a. wenigstens 73 Tage lang[2]. Dagegen muß durch die Meldemenge nur der Bedarf einer Arzneimittelausgabe und einer eventuellen Lieferfrist, d.h. der Bedarf weniger Tage, gedeckt werden. Folglich ist für die B-Präparate die Bestellmenge i.a. um ein Vielfaches größer als die Meldemenge und damit der Anteil der Meldemenge am durchschnittlichen Lagerbestand sehr gering. Es dürfte deshalb i.a. ausreichen, wenn der Apotheker die Meldemengen der B-Präparate intuitiv aufgrund seiner Erfahrung festlegt.

---

1 Vgl. hierzu die Abschnitte 3141. und 315.

2 Diesen Tatbestand ergeben folgende Rechnungen: Wenn die Länge einer Teilperiode ein Tag beträgt, gilt $cl = P \cdot I = P \cdot 0{,}1/365\ /\!\!\lceil 1/Tag \rceil\!\!/$. Ferner ist cb = 10 DM. Durch Einsetzen in die Formel (12) des Abschnitts 3232. ergibt sich

$$R_{min} = \sqrt{\frac{2 \cdot \bar{B} \cdot cb}{P \cdot I}} = \sqrt{\frac{2 \cdot \bar{B} \cdot 10\ /\!\!\lceil DM \rceil\!\!/}{P \cdot 0{,}1/365\ /\!\!\lceil 1/Tag \rceil\!\!/}} = \sqrt{\frac{200 \cdot 365 \cdot \bar{B}\ /\!\!\lceil DM \rceil\!\!/ /\!\!\lceil Tag \rceil\!\!/}{P}}$$

und $$R_{min}/\bar{B} = \sqrt{\frac{200 \cdot 365\ /\!\!\lceil DM \rceil\!\!/ /\!\!\lceil Tag \rceil\!\!/}{P \cdot \bar{B}}}$$

Wenn Fehlmengen vernachlässigt werden, ist $\bar{B} \cdot P$ der durchschnittliche tägliche Umsatz des Präparats. Für B-Präparate gilt dann $\bar{B} \cdot P \leq 5000/365\ /\!\!\lceil DM/Tag \rceil\!\!/$. Die Bestellmenge XQ ergibt sich i.a. durch Aufrunden von R_{min}. Zusammen folgt für B-Präparate

$$XQ/\bar{B} \geq R_{min}/\bar{B} \geq \sqrt{\frac{200 \cdot 365}{5000}}\ /\!\!\lceil Tag \rceil\!\!/ = 365 \cdot \sqrt{1/25}\ /\!\!\lceil Tag \rceil\!\!/ = 73\ /\!\!\lceil Tag \rceil\!\!/.$$

$XQ/\bar{B}$ ist der Zeitraum, dessen Bedarf im Durchschnitt durch die Bestellmenge gedeckt werden kann.

Für die A-Präparate kommt eine volle Anwendung der Vorgehensweise 1 auch bei der Ableitung der Meldemengen in Frage. Da die Lagerhaltung der A-Präparate hohe Kosten verursacht, ist hier am ehesten zu erwarten, daß zusätzliche Kosten im Bereich der Datenerfassung und Datenverarbeitung durch eine Senkung der Gesamtkosten der Lagerhaltung kompensiert werden.

Während in der gegenwärtigen Situation die Vorgehensweisen 2 und 3 für die Planung des Bestellverhaltens bei der Lagerhaltung von Präparaten in der Krankenhausapotheke von begrenztem Wert sind, muß damit gerechnet werden, daß die genauen Planungsmethoden in der Zukunft eine größere Bedeutung erlangen, da der Einsatz elektronischer Rechenanlagen im Krankenhaus zunimmt. Wenn ein Computer alle wichtigen Vorgänge in einem Krankenhaus erfaßt und damit die für die Aufgabe von Bestellungen relevanten Informationen vorliegen, ist u.a. eine Anpassung der Bestellparameter an die jeweils relevante Belegung problemlos realisierbar, ohne daß der Apotheker hierdurch im Einkaufsbereich zusätzlich belastet wird[1]. Langfristig ist in der Krankenhausapotheke eine vollautomatische Aufgabe von Bestellungen durch einen Computer anzustreben[2].

34. Die simultane Analyse der Lagerhaltung mehrerer Präparate durch eine Simulation der Arzneimittelversorgung

Zur Analyse der Interdependenzen, die bei der Lagerhaltung von Präparaten auftreten, ist eine simultane Betrachtung der Beschaffung, der Lagerhaltung und des Verbrauchs mehrerer Präparate notwendig. Ein Hilfsmittel für die Untersuchung sind Modelle, die die realen Zusammenhänge bei der Lagerhaltung verschiedener Präparate abbilden. Während bei der isolierten Betrachtung der Lagerhaltung einzelner Präparate durch eine Modellanalyse Verfahren zur direkten Ableitung eines optimalen oder günstigen Bestellverhaltens entwickelt werden können, ist dies unter den Prämissen eines Modells, das die Lagerhaltung mehrerer Präparate behandelt und deshalb komplexer

---

1 Vgl. zum Einsatz elektronischer Rechenanlagen bei der Lagerhaltung im Krankenhaus E.H. Abel (1972), L.A. Adams (1968), M. Gebhardt (1973), J.E. Moon (1969). Zur Organisation der Beschaffung und Lagerhaltung bei einer Anwendung der elektronischen Datenverarbeitung vgl. ferner W.R. Trux (1968), S. 465 ff.

2 Vgl. zur Aufgabe von Bestellungen durch einen Computer auch P. Mertens (1970), S. 91.

ist, i.a. nicht mehr möglich. In den folgenden Abschnitten wird gezeigt, wie durch eine Simulation Kenntnisse über die Konsequenzen eines gegebenen Bestellverhaltens bei genauer Berücksichtigung der realen Gegebenheiten gewonnen werden können. Die auf diese Weise erzielbaren Informationen können als Grundlage für die Planung der Arzneimittelversorgung im Krankenhaus verwendet werden.

341. Die Simulation als Hilfsmittel bei einer betriebswirtschaftlichen Analyse realer Zusammenhänge

Die Simulation ist ein Verfahren zur Gewinnung von Kenntnissen über das Verhalten realer Systeme, die wegen ihrer Komplexität einer direkten Berechnung nicht zugänglich sind. Das Prinzip der Simulation besteht darin, das Verhalten eines realen Systems im Zeitablauf mit Hilfe eines Modells nachzuvollziehen. Für die weitere Untersuchung ist nur eine Simulation mit Hilfe von Modellen von Bedeutung, die die realen Zusammenhänge durch Funktionen und Gleichungen beschreiben und deshalb als formales System aufgefaßt werden können[1]. Die Simulation kann dann definiert werden als "die Erstellung einer Zustandsgeschichte eines realen Systems mit Hilfe eines formalen Systems"[2]. Wenn ein reales System durch ein formales Modell abgebildet wird, können die Zustandsänderungen des realen Systems durch einen Computer nachvollzogen werden[3].

Zur Simulation müssen die Zustandsgeschichten der im Modell abgebildeten Systemmerkmale, die nicht von anderen abgebildeten Systemmerkmalen, sondern von der Systemumwelt abhängen, vorgegeben werden. Diese Zustandsgeschichten bilden den Input des Simulationsmodells[4].

---

1 Grundsätzlich ist eine Simulation auch ohne die Verwendung eines formalen Systems möglich. Z.B. kann das Verhalten eines Flugzeugs im Windkanal simuliert werden. Vgl. auch A. Born (1976), S. 120.

2 T. Witte (1973), S. 18. Vgl. zum Begriff "Simulation" auch H. Seelbach, H. Fehr (1971).

3 Eine Simulation mit Hilfe eines Computers wird auch "Computersimulation" genannt. Vgl. zur Computersimulation G.W. Evans, G.F. Wallace, G.L. Sutherland (1967), J.W. Forrester (1961), S. 18, 19, S. Harbordt (1974), S. McMillan, R.F. Gonzales (1968), S. 23 ff., T.H. Naylor, D.S. Burdick, W.E. Sasser (1969).

4 Vgl. zum Input von Systemen H. Ulrich (1968), S. 112.

Im Vergleich mit anderen Methoden zur Analyse dynamischer Systeme wie z.B. der Dynamischen Programmierung hat die Simulation den Vorteil, daß sie auch bei sehr komplexen Modellstrukturen anwendbar ist. Deshalb können in einem Simulationsmodell die realen Zusammenhänge i.a. vollständiger und genauer als etwa in einem Modell zur Dynamischen Programmierung abgebildet werden, ohne daß die Operationalität des Vorgehens darunter leidet. Andererseits werden mit Hilfe einer Simulation zunächst nur Kenntnisse über das Verhalten eines gegebenen realen Systems nach der Planung aller Entscheidungen gewonnen, während durch die Dynamische Programmierung optimale Entscheidungen abgeleitet werden können[1]. Die Simulation kann jedoch auch eine Entscheidungshilfe sein: Wenn die Konsequenzen mehrerer Entscheidungsalternativen durch eine Simulation bestimmt werden, können die Ergebnisse als Grundlage bei der Suche nach besseren Entscheidungen verwendet werden[2].

Von großer Bedeutung sind reale Systeme, deren Verhalten im Zeitablauf zufallsabhängig ist. Wenn in einem Simulationsmodell die Zufallsabhängigkeit berücksichtigt wird, ist der Output des Modells ebenfalls zufallsabhängig. Grundsätzlich liegt die Ursache für einen stochastischen Output in einem stochastischen Input und/oder in einer nicht-deterministischen Abhängigkeit des Outputs vom Input[3].

Zur Simulation zufallsabhängiger Größen auf einem Computer müssen konkrete Ausprägungen der Größen durch Zufallszahlen mit der gleichen Wahrscheinlichkeit, mit der sie in der Realität auftreten, erzeugt werden[4]. In Abhängigkeit von der Problemstellung können zwei verschiedene Verfahren angewendet werden, um mit Hilfe der Simulation Kenntnisse über das Verhalten des stochastischen Outputs zu gewinnen:

---

1 Zur Eignung der Simulation bei der Analyse komplexer Systeme vgl. z.B. S. Harbordt (1974), S. 68 ff., C. McMillan, R.F. Gonzales (1968), S. 25 ff., P. Mertens (1969), S. 90, 91.

2 Vgl. zu diesem Problemkreis z.B. P. Mertens (1969), S. 25 ff., T. Witte (1973), S. 195 ff.

3 Der erste Fall bedeutet, daß die Einflüsse der Systemumwelt nicht exakt prognostizierbar und damit zufallsabhängig sind, während im zweiten Fall durch das Simulationsmodell ein probablistisches System abgebildet wird. Häufig treten beide Fälle gemeinsam auf.

4 Vgl. zur Erzeugung von Zufallszahlen z.B. R.C. Meier, W.T. Newell, H.L. Pazer (1969), S. 252 ff., J.H. Mize, J.C. Cox (1968), S. 85 ff., K.D. Tocher (1963), S. 50 ff., T. Witte (1973), S. 143 ff. Vgl. ferner die Unterprogramme RND und IKA des Simulationsprogramms im Anhang II. Zahlen, die nach einer bestimmten Regel auf einem Computer erzeugt werden und Eigenschaften von Zufallszahlen haben, heißen auch Pseudo-Zufallszahlen.

a) Wenn sich der Untersuchende für das langfristige Systemverhalten interessiert, ist es sinnvoll, über einen langen Zeitraum zu simulieren. In diesem Fall hat der Zustand des Systems zu Beginn der Simulation i.a. keine Bedeutung für die Simulationsergebnisse.

Beispiel:

Zur Berechnung der unter bestimmten Bedingungen langfristig erwarteten täglichen Kosten der Arzneimittelversorgung kann z.B. eine Simulation über einen Zeitraum von 10 000 Tagen durchgeführt werden. Die dabei festgestellten durchschnittlichen Kosten pro Tag sind ein Näherungswert für die langfristig erwarteten täglichen Kosten der Arzneimittelversorgung.

b) Wenn sich der Untersuchende für das Systemverhalten in einem bestimmten Zeitraum bei gegebenem Anfangszustand interessiert, ist es sinnvoll, mehrmals eine Simulation über den gegebenen Zeitraum durchzuführen.

Beispiel:

Am Anfang eines bestimmten Monats ist ein Krankenhaus voll belegt, während der Vorrat an Präparaten ziemlich niedrig liegt. Die Krankenhausverwaltung will wissen, wie hoch unter diesen Umständen voraussichtlich in dem Monat die Ausgaben für den Einkauf von Präparaten sein werden. Wenn ausgehend von dem gegebenen Anfangszustand die Arzneimittelversorgung des Monats unter Verwendung verschiedener Zufallszahlen z.B. 100 mal simuliert wird, ist der Durchschnitt der Einzelergebnisse ein Näherungswert für den Erwartungswert der Ausgaben für den Einkauf von Präparaten in dem Monat.

342. Die Möglichkeiten einer Simulation der Arzneimittelversorgung

Da das Verhalten eines realen Arzneimittelversorgungssystems bei einer Simulation nachvollzogen wird, können auf diese Weise viele verschiedenartige Informationen über den Ablauf der Arzneimittelversorgung in einem Krankenhaus gewonnen werden. Es ist kaum möglich, einen vollständigen Überblick über die Einsatzmöglichkeiten der Simulation bei der Analyse und Planung der Arzneimittelversorgung zu geben. Um dennoch einen Eindruck von den Anwendungsmöglichkeiten der Simulation zu vermitteln, werden einige Beispiele für Fragen angeführt, die bei der Planung der Arzneimittelversorgung häufig auftreten und mit Hilfe der Simulation beantwortet werden können:

1) Wie hoch sind die Gesamtkosten der Lagerhaltung und der Medikamentenumsatz, mit denen ein Krankenhaus unter bestimmten Bedingungen zu rechnen hat?

2) Welchen Einfluß haben bestimmte Maßnahmen bei der Medikamenteneinsatzplanung auf die Gesamtkosten der Lagerhaltung und den Medikamentenumsatz?

3) Wieviel Bestellungen muß der Apotheker an welchen Tagen bei der Realisierung eines bestimmten Bestellverhaltens im Durchschnitt aufgeben, d.h. wie groß ist die Belastung des Apothekers durch den Beschaffungsbereich?

4) Welche Konsequenzen ergeben sich, wenn der Apotheker die Präparate nur noch bei Firmenvertretern bestellt?

Hier ist der Einwand naheliegend, daß einige der angesprochenen Problemkreise bereits in früheren Abschnitten behandelt worden sind und die angeführten Fragen zum Teil auch ohne Verwendung der Simulation beantwortet werden können. So wurden in den Beispielen zu den Vorgehensweisen 1 und 2 die durchschnittlichen Gesamtkosten der Lagerhaltung eines Präparats für verschiedene Datensituationen berechnet. Aus folgendem Grunde ist jedoch auch eine Analyse bereits behandelter Probleme mit Hilfe der Simulation sinnvoll: Ein reales Arzneimittelversorgungssystem kann durch Simulationsmodelle wesentlich vollständiger und genauer abgebildet werden als durch die Modelle, die zur Ableitung eines Bestellverhaltens aufgestellt worden sind. Die Ergebnisse, die im Abschnitt 32. durch die Analyse einfacher Modelle gewonnen wurden, können deshalb mit Hilfe der Simulation unter realistischen Prämissen überprüft werden.

Die Ausführungen zeigen, daß eine Verwendung der Simulation die Möglichkeiten für eine genaue Analyse und Planung der Arzneimittelversorgung in einem Krankenhaus verbessert. Andererseits ist die Entwicklung eines Computerprogramms zur Simulation der Arzneimittelversorgung und die Durchführung von Simulationen auf einem Computer mit erheblichen Kosten verbunden[1]. Es stellt sich deshalb die Frage, ob die Möglichkeiten, die eine Simulation bietet, in einem angemessenen Verhältnis zu den Kosten stehen. Auf diese Frage, die für die Anwendung der Simulation bei der Planung der Arzneimittelversorgung eine entscheidende Bedeutung hat, wird nach der Simulation

---

1 Die Simulation ist i.d.R. eine relativ teure Methode zur Analyse komplexer Systeme. Vgl. S. Harbordt (1974), S. 70.

von Beispielen eingegangen, da dann die Anwendungsmöglichkeiten der Simulation besser beurteilt werden können.

Da die Entwicklung eines Computerprogramms, mit dem eine Simulation der Arzneimittelversorgung unter Berücksichtigung aller wesentlichen Zusammenhänge möglich ist, den Rahmen einer Dissertation sprengen würde[1], werden in dieser Arbeit mit der Simulation begrenzte Ziele verfolgt: Zunächst soll das grundsätzliche Vorgehen bei der Formulierung von Simulationsmodellen gezeigt werden. Durch die Simulation von Beispielen wird versucht, unter verschiedenen Bedingungen die angeführten Fragenkomplexe 1) und 2) zu beantworten. Insbesondere wird die Effektivität der Vorgehensweise 1 unter den Prämissen der Simulationsmodelle überprüft und die Auswirkung einer Sortimentsreduzierung im Rahmen der Medikamenteneinsatzplanung untersucht. Schließlich geben die Beispiele einen realistischen Eindruck von der Größenordnung der Kosten, die durch die Arzneimittelversorgung im Krankenhaus verursacht werden, und erleichtern eine Beurteilung der Bedeutung der Simulation bei der Planung der Arzneimittelversorgung.

343. Das grundsätzliche Vorgehen bei der Simulation der Arzneimittelversorgung

Grundlage für eine Simulation der Arzneimittelversorgung in einem Krankenhaus ist ein Modell, das das reale Arzneimittelversorgungssystem abbildet. Da die Anzahl der Patienten, die Art ihrer Erkrankung und ihre medizinische Behandlung in verschiedenen Krankenhäuser i.a. unterschiedlich sind, wird im folgenden eine Klasse von Modellen definiert, durch die zahlreiche verschiedene Arzneimittelversorgungssysteme abgebildet werden können[2]. Zur Durchführung von Simulationen auf einem Computer wurde ein Computerprogramm entwickelt, das im weiteren "Simulationsprogramm" genannt wird. Es ist so

---

1 Zur Entwicklung eines derartigen Computerprogramms muß für die Systemanalyse und die Programmierarbeiten eine Zeit von einigen Mannjahren angesetzt werden. Vgl. zum Zeitaufwand zur Durchführung komplexer Simulationsprojekte S. Harbordt (1974), S. 293, H. Koller (1969), S. 92.

2 Harbordt unterscheidet zwischen einem datenbasierten und einem konzeptbasierten Ansatz bei der Konstruktion von Simulationsmodellen. Vgl. S. Harbordt (1974), S. 71 ff. In dieser Arbeit wird bei der Konstruktion der Simulationsmodelle konzeptbasiert vorgegangen, da die Struktur realer Arzneimittelversorgungssysteme durch die angestellten Untersuchungen bereits weitgehend geklärt worden ist.

konzipiert, daß die genaue Struktur eines Modells der definierten Klasse auf Datenkarten angegeben werden kann. Auf diese Weise wird eine Simulation verschiedenartiger Problemstellungen mit Hilfe des Simulationsprogramms ermöglicht.

Die Simulation wird in dieser Arbeit nur dazu verwendet, das langfristige Verhalten eines Arzneimittelversorgungssystems zu studieren. Da der Systemzustand zu Beginn der Simulation in diesem Fall i.a. keinen wesentlichen Einfluß auf die Ergebnisse hat, ist eine Berücksichtigung unterschiedlicher Anfangszustände nicht notwendig. Auf eine flexible Eingabe des Anfangszustandes über Datenkarten kann deshalb verzichtet werden[1].

Bei der Simulation wird in dieser Arbeit ereignisorientiert vorgegangen[2], d.h. bestimmte Zustandsänderungen des realen Systems werden als Ereignisse interpretiert. Ein Ereignis ist charakterisiert durch die mit ihm verbundenen Zustandsänderungen und durch den Zeitpunkt seines Eintreffens[3]. Zum Verständnis der ereignisorientierten Vorgehensweise ist folgende Vorstellung hilfreich:

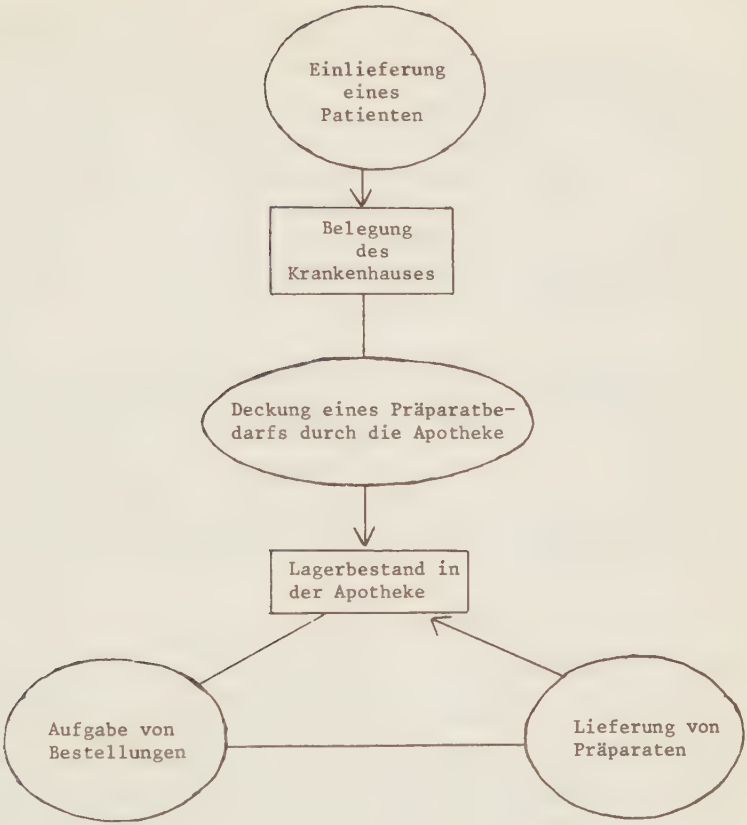
Alle Ereignisse des Simulationszeitraums werden geordnet nach dem Zeitpunkt ihres Eintreffens in einen Ereigniskalender eingetragen. Die mit den Ereignissen verbundenen Zustandsänderungen werden anschließend in der richtigen Reihenfolge mit Hilfe des Simulationsmodells nachvollzogen. Die beschriebene Vorstellung soll allein zum Verständnis der ereignisorientierten Vorgehensweise beitragen. Eine Simulation ist auf diese Weise i.a. nicht realisierbar, da am Anfang des Simulationszeitraums meistens nicht

---

1 Bei der Durchführung von Simulationen mit Hilfe des Simulationsprogramms wird ein Anfangszustand vom Programm selbständig initialisiert.

2 Zum Unterschied zwischen der zeitorientierten und der ereignisorientierten Vorgehensweise bei der Simulation vgl. T. Witte (1973), S. 45 ff. Mertens unterscheidet zwischen der Methode der fixen bzw. variablen Zeitinkremente. Vgl. P. Mertens (1969), S. 19 ff. Diese Unterscheidung stimmt weitgehend mit der Unterscheidung zwischen zeit- bzw. ereignisorientierter Vorgehensweise überein. Vgl. auch G.W. Evans, G.F. Wallace, G.L. Sutherland (1967), S. 118 ff.

3 Da es nicht immer möglich oder sinnvoll ist, jede Zustandsänderung eines realen Systems als Ereignis zu interpretieren, werden häufig die während eines längeren Zeitraums stattfindenden Zustandsänderungen kumuliert als ein Ereignis betrachtet. In diesem Fall stimmt der Zeitpunkt, der einem Ereignis zugeordnet wird, oft nicht exakt mit dem Zeitpunkt der Zustandsänderung des realen Systems überein.



Legende:

- Ereignisse

- Merkmale der Arzneimittelversorgung

Abb. 13: Stark vereinfachte Darstellung der Simulation von Zustandsänderungen eines realen Arzneimittelversorgungssystems mit Hilfe von Ereignissen

bekannt ist, wann welche Ereignisse eintreffen[1]. Bei der Durchführung einer Simulation werden deshalb zu Beginn des Simulationszeitraums nicht alle, sondern zunächst nur einige Ereignisse, von denen der Zeitpunkt des Eintreffens bekannt ist, in den Ereigniskalender eingetragen. Während der Simulation wird der Ereigniskalender fortlaufend durch neue Ereignisse ergänzt, die durch das Simulationsprogramm entsprechend den im Modell abgebildeten Zusammenhängen erzeugt werden[2]. Abb. 13 stellt in stark vereinfachter Form dar, welche Ereignisse Zustandsänderungen eines realen Arzneimittelversorgungssystems bewirken können.

Die Abb. 13 vermittelt einen ersten groben Überblick über den Ablauf einer Simulation von Zustandsänderungen eines realen Arzneimittelversorgungssystems mit Hilfe von Ereignissen. Im folgenden stellt sich die Aufgabe, genau zu beschreiben, wie die realen Zusammenhänge der Arzneimittelversorgung in einem Krankenhaus durch ein Simulationsmodell abgebildet werden können und welche Zustandsänderungen durch bestimmte Ereignisse im einzelnen bewirkt werden.

344. Die Simulationsmodelle

In diesem Abschnitt sollen Modelle zur genauen Abbildung realer Arzneimittelversorgungssysteme formuliert werden, die als Grundlage für Simulationen auf einem Computer dienen. Die Modelle sind so konzipiert, daß Simulationen auf der Grundlage dieser Modelle unter Verwendung des entwickelten Simulationsprogramms durchgeführt werden können. Sie werden im folgenden auch "Simulationsmodelle" genannt, d.h. wenn von Simulationsmodellen gesprochen wird, sind nur die Modelle gemeint, auf die das Simulationsprogramm anwendbar ist.

---

1 Ein weiterer Grund, der eine direkte Realisierung der beschriebenen Vorstellung häufig unmöglich macht, ist die Anzahl der Ereignisse im Simulationszeitraum, die bei umfangreichen Simulationen eine Größenordnung von über eine Mill. erreichen kann. Bei derartig umfangreichen Simulationen würde die Speicherung aller Ereignisse zu Beginn des Simulationszeitraums zu erheblichen Speicherplatzproblemen führen.

2 Vgl. zur Erzeugung neuer Ereignisse das Unterprogramm SHII des Simulationsprogramms im Anfang II.

3441. Die Daten der Simulationsmodelle

Bei der Abbildung eines Arzneimittelversorgungssystems durch ein Simulationsmodell kann zwischen konstanten und variablen Größen des Modells unterschieden werden. Während sich die konstanten Größen beim Ablauf einer Simulation nicht verändern, werden mit Hilfe der variablen Größen die Zustandsänderungen des realen Systems nachvollzogen. Die Werte der konstanten Größen, die vor dem Beginn einer Simulation in Abhängigkeit von dem zu untersuchenden System festgelegt und über Datenkarten in den Computer eingegeben werden müssen, können auch als Daten des Simulationsmodells bezeichnet werden. Die folgende Unterteilung der Merkmale der Arzneimittelversorgung in einem Krankenhaus in drei Gruppen verdeutlicht, welche Merkmale durch konstante bzw. variable Größen in den Simulationsmodellen abgebildet werden:

1) Merkmale der Arzneimittelversorgung, deren Zustand sich nur selten oder gar nicht verändert und durch Entscheidungen innerhalb des Krankenhauses kaum zu beeinflussen ist.

Beispiele für diese Merkmale sind der Preis eines Präparats bei normaler Beschaffung und die Zusammensetzung eines Kombinationspräparats. In den Simulationsmodellen werden diese Merkmale durch konstante Größen abgebildet.

2) Merkmale der Arzneimittelversorgung, deren Zustand das Ergebnis eines Planungsprozesses ist und sich auch kurzfristig verändern kann.

Zu diesen Merkmalen gehören z.B. das Bestellverhalten des Apothekers und die Anzahl und Art der in der Apotheke geführten Präparate. Obwohl sich der Zustand dieser Merkmale der Arzneimittelversorgung in einem Krankenhaus kurzfristig verändern kann, werden auch sie in den Simulationsmodellen durch konstante Größen abgebildet, da durch Simulation die Konsequenzen der Realisierung bestimmter Pläne abgeleitet werden sollen.

3) Merkmale der Arzneimittelversorgung, deren Zustand sich im Zeitablauf häufig verändert.

Beispiele für diese Merkmale sind die Lagerbestände der Präparate, der Bedarf an Präparaten und die Belegung des Krankenhauses. Da die Zustandsänderungen dieser Merkmale in den Simulationsmodellen nachvollzogen werden, erfolgt ihre Abbildung durch variable Größen.

In den Simulationsmodellen können simultan verschiedene Präparate, Arzneimittel und Krankheiten berücksichtigt werden. Alle auftretenden Mengen von Arzneimitteln und Präparaten werden in den Modellen diskret in Mengeneinheiten abgebildet. Für jedes Mittel und jedes Präparat eines Simulationsmodells muß deshalb vorweg eine Maßeinheit festgelegt werden.

Die Daten der Simulationsmodelle lassen sich in vier Gruppen einteilen:

a) Präparatdaten

b) Arzneimitteldaten

c) Krankheitsdaten

d) sonstige Daten.

Zu a) (Präparatdaten):

Zu diesen Daten gehört zunächst die Anzahl der Präparate, die im Simulationsmodell berücksichtigt werden sollen. Da ein Präparat i.d.R. in Klinikpackungen eingekauft wird, müssen für jedes Präparat die Größe einer Klinikpackung, d.h. die Anzahl der Mengeneinheiten, die eine Klinikpackung enthält, und der Preis einer Klinikpackung gegeben sein. Schließlich gehören zu den Präparatdaten zwei Bestellparameter für jedes Präparat, durch die die Aufgabe der Bestellungen bei der Simulation geregelt wird[1].

Zu b) (Arzneimitteldaten):

Auch hier ist zunächst eine Angabe über die Anzahl der Arzneimittel notwendig, die im Simulationsmodell berücksichtigt werden sollen.

Da der Bedarf an einem Arzneimittel durch Präparate gedeckt wird, muß jedes Arzneimittel des Simulationsmodells in wenigstens einem Präparat des Simulationsmodells enthalten sein. Eine richtige Dosierung eines Arzneimittels bei der Behandlung eines Patienten ist nur möglich, wenn bekannt ist, wieviel Mengeneinheiten des Mittels eine Mengeneinheit des Präparats enthält, das zur Deckung des Bedarfs an dem Mittel eingesetzt wird.

Beispiel:

Beim Arzneimittel Penicillin werden als Mengeneinheit i.a. Internationale Einheiten (IE) verwendet. Wenn als Mengeneinheit eines Penicillin-Präparats

---

1 Vgl. zur Aufgabe von Bestellungen bei der Simulation Abschnitt 3446.

eine Ampulle gewählt wird, muß zur Anwendung des Präparats die Anzahl der IE, die eine Ampulle enthält, bekannt sein.

Häufig stehen mehrere Präparate, die unterschiedlich oft eingesetzt werden, zur Deckung des Bedarfs an einem Arzneimittel zur Verfügung. Bei Verknappungen kommt in diesem Fall ein Präparatersatz in Frage: Wenn ein angefordertes Präparat nicht vorrätig ist, kann der Arzneimittelbedarf u.U. durch ein anderes Präparat gedeckt werden. Zur Simulation eines Präparatersatzes wird von einer gegebenen Reihenfolge der Präparate, die das gleiche Arzneimittel enthalten, ausgegangen[1].

Insgesamt sind für jedes Arzneimittel eines Simulationsmodells folgende Angaben zur Festlegung der Arzneimitteldaten notwendig:

Es müssen die Präparate des Simulationsmodells angegeben werden, in denen das Mittel enthalten ist.

Für jedes Präparat des Simulationsmodells, welches das Mittel enthält, muß angegeben werden, wieviel Mengeneinheiten des Mittels in einer Mengeneinheit des Präparats enthalten sind.

Wenn im Simulationsmodell mehrere Präparate zur Deckung des Bedarfs an dem Mittel zur Verfügung stehen, muß angegeben werden, in wieviel Prozent der Fälle die einzelnen Präparate zur Deckung des Bedarfs an dem Mittel eingesetzt werden. Zur Simulation eines Präparatersatzes ist in diesem Fall ferner die Festlegung einer Reihenfolge der Präparate, die das Mittel enthalten, notwendig.

Da die beschriebenen Arzneimitteldaten Beziehungen zwischen den Arzneimitteln und Präparaten festlegen, hätten sie auch als Präparatdaten aufgefaßt werden können. Wenn z.B. für alle Präparate eines Simulationsmodells angegeben wird, welche Arzneimittel sie enthalten, wird damit gleichzeitig für alle Arzneimittel festgelegt, in welchen Präparaten sie enthalten sind. Die vorgenommene Einteilung in Arzneimitteldaten und Präparatdaten erweist sich später bei der Darstellung der Erzeugung des Bedarfs als vorteilhaft, da mit Hilfe der Arzneimitteldaten aus dem Arzneimittelbedarf ein Präparatbedarf erzeugt werden kann[2].

---

1 Die Bedeutung der Reihenfolge wird im Abschnitt 3445. erklärt.

2 Vgl. Abschnitt 3444.

Zu c) (Krankheitsdaten):

Ebenso wie bei den Präparat- und Arzneimitteldaten gehört zu den Daten der Krankheiten die Anzahl der verschiedenen Krankheiten, die im Simulationsmodell berücksichtigt werden sollen.

Eine große Bedeutung für den Ablauf der Arzneimittelversorgung hat die Anzahl der Patienten, die im Durchschnitt pro Jahr mit einer bestimmten Krankheit ins Krankenhaus eingeliefert werden. Weitere wichtige Merkmale einer Krankheit sind durch die Verweildauer und die übliche medikamentöse Behandlung der Krankheit gegeben. Da sich einzelne Patienten unterschiedlich schnell von einer Erkrankung erholen, ist die Verweildauer der Patienten, die mit einer bestimmten Krankheit im Krankenhaus liegen, zufallsabhängig. In den Simulationsmodellen wird angenommen, daß die Verweildauer in einem Intervall gleichverteilt schwankt.

Die Behandlung einer Krankheit erfolgt durch Arzneimittel. Viele Mittel werden jedoch nicht in jedem Fall, sondern nur unter bestimmten Bedingungen zur Behandlung einer Krankheit eingesetzt. Es ist z.B. möglich, daß ein Patient ein Kreislaufmittel erhält, während bei einem anderen Patienten mit der gleichen Krankheit auf die Anwendung eines Kreislaufmittels verzichtet werden kann.

Der Einsatz eines Arzneimittels bei einem Patienten hängt ferner vom Behandlungsstadium ab, in dem sich der Patient befindet[1].

Insgesamt sind für jede Krankheit eines Simulationsmodells zur Festlegung der Krankheitsdaten die folgenden Angaben notwendig:

Es muß die Anzahl der Patienten angegeben werden, die im Durchschnitt pro Jahr mit der Krankheit eingeliefert werden.

Es muß das Intervall angegeben werden, in dem die Verweildauer schwankt.

Es müssen die Arzneimittel des Modells angegeben werden, die für eine Behandlung der Krankheit in Frage kommen. Für jedes Mittel des Modells, das für eine Behandlung der Krankheit in Frage kommt, muß angegeben werden, in wieviel Prozent der Fälle das Mittel eingesetzt wird. Schließlich muß angegeben werden, in welchem Behandlungsstadium eines Patienten, der mit der

1 Vgl. hierzu auch Abschnitt 3262.

Krankheit im Krankenhaus liegt, wieviele Mengeneinheiten der in Frage kommenden Arzneimittel eingesetzt werden. Diese Angabe ist Grundlage für die Erzeugung des Bedarfs an Arzneimitteln und Präparaten bei der Simulation. Da sie bei der Beschreibung der Erzeugung des Bedarfs[1] noch ausführlich erläutert wird, kann auf eine nähere Erklärung an dieser Stelle verzichtet werden.

Zu d) (sonstige Daten):

Die übrigen Daten der Simulationsmodelle sollen aus Gründen der Vollständigkeit kurz zusammengestellt werden[2]. Zu diesen Daten gehören die Länge des Simulationszeitraums, der Bestellkostensatz, der Zinssatz zur Berechnung der Kapitalbindungskosten, die fixen Kosten einer Eilbestellung, die relative Verteuerung bei einer Eilbestellung, die Lieferfrist und eine Angabe, ob ein Präparatersatz vorgesehen ist oder nicht.

3442. Der Input der Simulationsmodelle

Um die Beschreibung der Funktionsweise der Simulationsmodelle zu erleichtern, soll noch einmal auf Abbildung 4 (S. 25) eingegangen werden. Die Abbildung stellt Beziehungen zwischen Entscheidungen und der Entwicklung von Merkmalen der Arzneimittelversorgung dar. Bei der Formulierung eines Simulationsmodells wird davon ausgegangen, daß die zu treffenden Entscheidungen bereits geplant sind. Das Ergebnis der Planung gehört - z.B. in der Form von Bestellparametern - zu den Daten des Simulationsmodells. Wenn die Entscheidungsbereiche in Abbildung 4 weggelassen werden, ergibt sich eine einfache Darstellung des Einflusses, der durch die Einlieferung von Patienten schließlich auf die Lagerbestände der Präparate ausgeübt wird (Abb. 14).

---

1 Vgl. Abschnitt 3444.

2 Die Bedeutung der sonstigen Daten wird bei der Beschreibung der Funktionsweise der Simulationsmodelle erläutert.

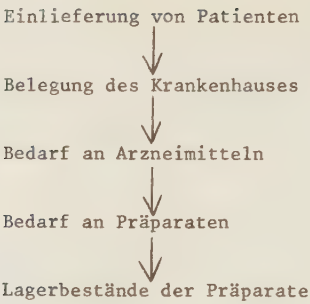


Abb. 14: Der Zusammenhang zwischen der Einlieferung von Patienten und den Lagerbeständen der Präparate in den Simulationsmodellen[1]

Abbildung 14 veranschaulicht die grundsätzliche Funktionsweise der Simulationsmodelle. Die Wiedergabe der einzelnen Stufen der Abbildung in den Modellen soll in diesem und in den nächsten Abschnitten dargestellt werden.

In einem Simulationsmodell müssen nicht notwendig alle Patienten, Krankheiten, Arzneimittel und Präparate eines realen Arzneimittelversorgungssystems berücksichtigt werden. Analog zur Terminologie in Abschnitt 3261. heißen die Patienten, die mit einer im Simulationsmodell erfaßten Krankheit eingeliefert werden, im weiteren relevante Patienten. Der durch diese Patienten gebildete Ausschnitt aus der gesamten Belegung eines Krankenhauses wird wieder relevante Belegung genannt.

Durch die Einlieferung relevanter Patienten ist der Input der Simulationsmodelle gegeben. Für eine Simulation muß festgelegt werden, zu welchen Zeitpunkten des Simulationszeitraums relevante Patienten mit bestimmten Krankheiten eingeliefert werden. In der Realität sind die Einlieferungen zufallsabhängig. Zur Simulation wird angenommen, daß für jedes beliebige Zeitintervall im Simulationszeitraum die Anzahl der relevanten Patienten,

---

1 In Abb. 14 beeinflußt der Bedarf an Arzneimitteln im Unterschied zu Abb. 4 den Bedarf an Präparaten an Stelle des Verbrauchs von Präparaten. Da der Präparatverbrauch im wesentlichen durch den Präparatbedarf bestimmt wird, ist der inhaltlich Unterschied der Abbildungen gering. Die Darstellung in Abb. 14 ist der Funktionsweise der Simulationsmodelle angepaßt, in denen aus dem Arzneimittelbedarf zunächst der Bedarf an Präparaten erzeugt wird.

die in dem Intervall mit einer bestimmten Krankheit eingeliefert werden, einer Poisson-Verteilung genügt und der Erwartungswert der Verteilung proportional zur Länge des Intervalls ist[1].

Beispiel:

Pro Monat werden im Durchschnitt 15 Patienten mit Gelbsucht in ein Krankenhaus eingeliefert. In diesem Fall ist unter den gesetzten Annahmen die Anzahl der Gelbsucht-Einlieferungen für jeden Monat des Simulationszeitraums Poisson-verteilt mit dem Erwartungswert 15. Für die Gelbsucht-Einlieferungen eines Tages ergibt sich eine Poisson-Verteilung mit dem Erwartungswert 15/30 = 0,5 und für die Gelbsucht-Einlieferungen eines Jahres beträgt der Erwartungswert der Poisson-Verteilung 15 · 12 = 180.

Da die Anzahl der Patienten, die im Durchschnitt pro Jahr mit einer bestimmten Krankheit ins Krankenhaus kommen, zu den Daten der Simulationsmodelle gehört[2], kann der Input bei der Simulation auf einem Computer durch das Simulationsprogramm mit Hilfe von Zufallszahlen erzeugt werden.

3443. Die Abbildung der relevanten Belegung

Die Einlieferung relevanter Patienten beeinflußt nach Abbildung 14 die relevante Belegung. Bei der Darstellung der Vorgehensweise 3 ist gezeigt worden, daß die relevante Belegung in einem Modell durch einen Vektor formal beschrieben werden kann, wenn nur eine Krankheit berücksichtigt wird und die Verweildauer der relevanten Patienten deterministisch ist. Da in den Simulationsmodellen u.a. die Verweildauer zufallsabhängig ist, soll im folgenden eine andere, flexible Methode zur Abbildung der relevanten Belegung angewendet werden.

In den Simulationsmodellen wird zunächst die Anzahl der relevanten Patienten, die im Krankenhaus liegen, abgebildet. Jeder Patient, der im Kranken-

---

1 Die Einlieferungen von Patienten mit einer bestimmten Krankheit bilden unter diesen Prämissen einen homogenen Poissonschen Prozeß. Vgl. zum Poissonschen Prozeß und zu seiner Bedeutung für die Beschreibung realer Sachverhalten z.B. J.L. Doob (1959), S. 398 ff., M. Fisz (1965), S. 233 ff., A. Klingst (1971), S. 325 ff.

2 Vgl. die Krankheitsdaten im letzten Abschnitt.

haus behandelt wird, kann durch einige im Modell berücksichtigte Merkmale charakterisiert werden, die unabhängig vom Behandlungsstadium sind und sich folglich während des Krankenhausaufenthaltes des Patienten nicht verändern. Zu diesen Merkmalen gehören

a) die Krankheit des Patienten,

b) die gesamte Verweildauer des Patienten, d.h. die Länge des Zeitraums von seiner Einlieferung bis zu seiner Entlassung,

c) die Arzneimittel, die für eine Behandlung des Patienten in Frage kommen, und

d) die Präparate, die zur Deckung eines von dem Patienten erzeugten Arzneimittelbedarfs eingesetzt werden, wenn keine Verknappungen auftreten.

Die Bedeutung dieser Merkmale eines Patienten und ihre Wiedergabe in den Simulationsmodellen sollen kurz erläutert werden.

Zu a):
Durch den Input eines Simulationsmodells ist festgelegt, wann ein Patient mit welcher Krankheit eingeliefert wird. Die Abbildung der Krankheit eines Patienten erfolgt mit Hilfe einer Nummerierung: Vor dem Beginn einer Simulation wird jeder Krankheit des Simulationsmodells eine Nummer zugeordnet. Wenn z.B. 5 verschiedene Krankheiten im Modell berücksichtigt werden, erhält jede Krankheit als Nummer eine der Zahlen 1,...,5. Die Krankheit eines Patienten kann dann mit Hilfe der Nummer der Krankheit im Modell formal beschrieben werden.

Die unter b), c) und d) genannten Merkmale eines Patienten werden im Laufe der Simulation bei der Einlieferung des Patienten mit Hilfe der Arzneimittel- und Krankheitsdaten des Simulationsmodells[1] abgeleitet[2].

Zu b):
Die zufallsabhängige Verweildauer einer Krankheit schwankt in einem Intervall. Bei der Einlieferung eines Patienten wird vom Simulationsprogramm die Anzahl der Tage, die der Patient im Krankenhaus bleibt, innerhalb des durch die Krankheit gegebenen Intervalls mit Hilfe von Zufallszahlen erzeugt.

---

1 Vgl. zu den Arzneimittel- und Krankheitsdaten Abschnitt 3441.

2 Vgl. auch Abb. 15 (S. 142).

Zu c):
Zu den Krankheitsdaten gehört eine Angabe, welche Arzneimittel zur Behandlung einer Krankheit in Frage kommen und in wieviel Prozent der Fälle ein Mittel eingesetzt wird. Der Anteil der Fälle, in denen ein Mittel zur Behandlung einer Krankheit angewendet wird, heißt im weiteren auch "Anwendungswahrscheinlichkeit" des Mittels bei der Krankheit. Wenn ein Patient ins Krankenhaus kommt, werden aus den gegebenen Krankheitsdaten die zur Behandlung des Patienten in Frage kommenden Mittel unter Berücksichtigung der Anwendungswahrscheinlichkeit durch Zufallszahlen abgeleitet[1].

Ebenso wie die Krankheiten werden die Arzneimittel in den Simulationsmodellen mit Hilfe einer Nummerierung abgebildet:

Zu d):
Es ist i.a. nicht üblich, bei *einem* Patienten *verschiedene* Präparate zur Deckung des Bedarfs an dem *gleichen* Arzneimittel einzusetzen.

Beispiel:

Ein Patient soll eine Woche mit einem Arzneimittel behandelt werden. Zur Deckung des Bedarfs an dem Mittel stehen die Präparate P1 und P2 zur Verfügung. Der Patient wird in diesem Fall entweder eine Woche mit dem Präparat P1 oder eine Woche mit dem Präparat P2 behandelt. Ein Präparatwechsel - z.B. vom Präparat P1 zum Präparat P2 - wird bei der Behandlung eines Patienten nach Möglichkeit vermieden.

Die Ausführungen zeigen, daß die Präparate, die zur Deckung eines von einem Patienten erzeugten Arzneimittelbedarfs eingesetzt werden, ein Merkmal des Patienten sind, welches sich während der Behandlung i.a. nicht verändert.

Zu den Arzneimitteldaten gehören Angaben, in welchen Präparaten ein Mittel enthalten ist und in wieviel Prozent der Fälle ein Präparat zur Deckung des Bedarfs an einem Mittel eingesetzt wird. Der Anteil der Fälle, in denen der Bedarf an einem Arzneimittel durch ein bestimmtes Präparat gedeckt wird,

---

1 Ein Patient wird nicht notwendig mit allen bei seiner Einlieferung festgelegten Mitteln behandelt. Denn da die weiter unten beschriebene Behandlung mit einem festgelegten Arzneimittel zufallsabhängig ist, kann es vorkommen, daß der Patient 0 Mengeneinheiten des Mittels erhält und folglich mit dem Mittel nicht behandelt wird.

heißt "Anwendungswahrscheinlichkeit" des Präparats bei dem Arzneimittel. Wenn ein Patient ins Krankenhaus kommt, werden die Präparate, durch die ein von dem Patienten erzeugter Arzneimittelbedarf gedeckt werden soll, unter Berücksichtigung der Anwendungswahrscheinlichkeit der Präparate festgelegt. In den Simulationsmodellen wird angenommen, daß ein Patient während seines Krankenhausaufenthaltes normalerweise die bei der Einlieferung festgelegten Präparate erhält. Die Anwendung anderer Präparate wird nur bei Verknappungen in Betracht gezogen.

Zusätzlich zu den bisher beschriebenen Merkmalen eines Patienten, die sich im Laufe der Behandlung nicht ändern, wird in den Simulationsmodellen die Nummer des Behandlungstages eines Patienten abgebildet. Der Tag der Einlieferung ist für einen Patienten der erste Behandlungstag. Wenn die Anzahl der Behandlungstage die in Tagen angegebene Verweildauer eines Patienten erreicht hat, wird der Patient entlassen, d.h. die Anzahl der im Krankenhaus liegenden relevanten Patienten wird um 1 reduziert.

3444. Die Erzeugung des Bedarfs an Präparaten

Es kann jetzt erläutert werden, wie in den Simulationsmodellen in Abhängigkeit von der relevanten Belegung der Bedarf an Präparaten erzeugt wird. In einem Krankenhaus werden die meisten Präparate während der offiziellen Arzneimittelausgaben von der Krankenhausapotheke abgegeben. Nur in Ausnahmefällen wird ein dringend benötigtes Präparat auch außerhalb der Arzneimittelausgaben in der Apotheke abgeholt. In den Simulationsmodellen wird deshalb davon ausgegangen, daß ein Präparatbedarf im Normalfall erst bei der nächsten Arzneimittelausgabe zu einem Lagerabgang in der Apotheke führt[1]. Folglich muß bei der Simulation normalerweise nicht nachgehalten

---

1 In einem Krankenhaus wird der zwischen zwei Arzneimittelausgaben auftretende Bedarf zunächst durch die Bestände in den Arzneimittelschränken auf den Stationen gedeckt. In den Simulationsmodellen werden die Arzneimittelschränke allerdings nicht berücksichtigt.

werden, zu welchen Zeitpunkten ein Präparatbedarf aufgrund der Behandlung einzelner Patienten auftritt, sondern es reicht aus, wenn jeweils der Gesamtbedarf zwischen zwei Arzneimittelausgaben festgestellt wird. Zur Vereinfachung wird in den Simulationsmodellen angenommen, daß täglich eine Arzneimittelausgabe stattfindet.

Abbildung 15 stellt den Gesamtprozeß dar, der in den Simulationsmodellen bei normaler Behandlung zu einem Bedarf an Präparaten führt.

Grundlage für die Erzeugung des Bedarfs an Arzneimitteln sind die zu den Krankheitsdaten gehörenden Angaben über die Behandlung der Krankheiten. Diese Angaben sollen jetzt genauer beschrieben werden. Zur Festlegung der medikamentösen Behandlung einer Krankheit wird für jedes in Frage kommende Arzneimittel angegeben, wieviel Mengeneinheiten des Mittels ein Patient an den Behandlungstagen, an denen er mit dem Mittel behandelt wird, im Durchschnitt erhält, wenn er mit der betrachteten Krankheit im Krankenhaus liegt und seine Verweildauer der durchschnittlichen Verweildauer der Krankheit entspricht. Da die Anzahl der Mengeneinheiten, die der Patient an den einzelnen Behandlungstagen bekommt, zufallsabhängig ist, muß ferner für jedes Arzneimittel angegeben werden, wie stark die tägliche Behandlung mit dem Mittel nach oben bzw. nach unten von der durchschnittlichen Behandlung abweichen kann.

Wenn als durchschnittliche Behandlung mit einem Mittel an einem Behandlungstag 0 Mengeneinheiten angegeben wird, geht das Simulationsprogramm davon aus, daß das Mittel an diesem Behandlungstag nicht eingesetzt werden soll, d.h. die angegebene Abweichung der Behandlung vom Mittelwert hat für diese Behandlung keine Bedeutung.

Beispiel:

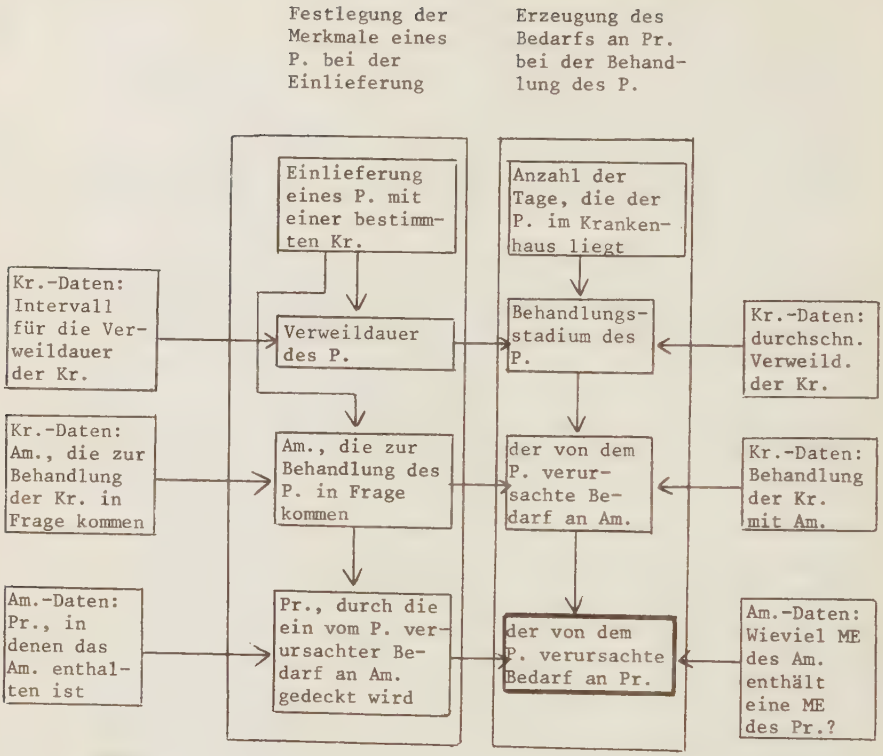
Es liegt für die Behandlung einer Krankheit mit einem Arzneimittel die folgende Datensituation vor:

Durchschnittliche Verweildauer der Krankheit: 5 Tage

Durchschnittliche Behandlung mit dem Mittel:

Behandlungstag:	1	2	3	4	5
Behandlung: (in ME)	0	0	8	6	6

maximale Abweichung pro Tag: 1 Mengeneinheit.



verwendete Abkürzungen:

P. - Patient
Kr. - Krankheit
Pr. - Präparat
Am. - Arzneimittel
ME - Mengeneinheiten

Abb. 15: Die Festlegung der Merkmale eines Patienten und die Erzeugung des Bedarfs an Präparaten bei der Simulation

In dieser Situation erhält ein Patient, der mit der Krankheit im Krankenhaus liegt und dessen Verweildauer 5 Tage beträgt, am 3. Behandlungstag 7-9 Mengeneinheiten und am 4. und 5. Behandlungstag jeweils 5-7 Mengeneinheiten des Mittels[1]. An den ersten beiden Behandlungstagen wird er mit dem Mittel nicht behandelt.

Mit Hilfe der beschriebenen Behandlungsdaten ist es einfach, durch Zufallszahlen den Arzneimittelbedarf abzuleiten, der an einem Tag durch einen Patienten verursacht wird, dessen Verweildauer der durchschnittlichen Verweildauer der Krankheit entspricht. Da sich einzelne Patienten unterschiedlich schnell von einer Erkrankung erholen, entstehen Abweichungen von der durchschnittlichen Verweildauer. Zur Erzeugung des Arzneimittelbedarfs, der von einem Patienten verursacht wird, dessen Verweildauer mit der durchschnittlichen Verweildauer der Krankheit nicht übereinstimmt, wird zunächst die Nummer des Behandlungstages des Patienten auf folgende Weise transformiert:

Es sei wd die durchschnittliche Verweildauer der Krankheit in Tagen, wr die Verweildauer des Patienten in Tagen und nb die Nummer des Behandlungstages.

Die transformierte Nummer des Behandlungstages (nbt) ergibt sich dann durch die Beziehung.

$$(1) \qquad nbt = \langle wd \cdot nb/wr \rangle \quad .$$

wobei die Klammer $\langle\ \rangle$ andeutet, daß das Ergebnis des Ausdruck wd · nb/wr auf die nächste ganze Zahl gerundet werden muß. Bei der Simulation wird angenommen, daß sich ein Patient mit einer Verweildauer von wr Tagen am Behandlungstag nb im gleichen Behandlungsstadium befindet und entsprechend mit Arzneimitteln behandelt wird wie ein Patient, dessen Verweildauer der durchschnittlichen Verweildauer der Krankheit entspricht, am Behandlungstag nbt. Die Wirkung der beschriebenen Transformation soll an einem Beispiel verdeutlicht werden.

Beispiel:

Es sei wd=12 und wr=10. Dann gilt die folgende Tabelle:

Behandlungstag (nb)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
wd · nb/wr	1,2	2,4	3,6	4,8	6	7,2	8,4	9,6	10,8	12
transform. Behandlt. (nbt)	1	2	4	5	6	7	8	10	11	12

1 Bei der Simulation wird angenommen, daß die Behandlung in dem angegebenen

Das Beispiel zeigt, daß bei der Simulation der Behandlung eines Patienten, dessen Verweildauer kürzer als die durchschnittliche Verweildauer ist, gleichmäßig über den Behandlungszeitraum verteilt einzelne Tage der Behandlung eines Patienten mit durchschnittlicher Verweildauer ausgelassen werden. Analog wird bei einer überdurchschnittlichen Verweildauer die Behandlung einzelner Tage zweimal simuliert. Dieser Effekt soll durch ein weiteres Beispiel veranschaulicht werden.

Beispiel:

Es sei die gleiche Datensituation wie im letzten Beispiel gegeben. Ein Patient, dessen Verweildauer der durchschnittlichen Verweildauer der Krankheit entspricht, wird an den ersten 6 Behandlungstagen mit dem Arzneimittel A und an den Behandlungstagen 7-12 mit dem Arzneimittel B behandelt. Aus der im letzten Beispiel dargestellten Transformation des Behandlungstages ergibt sich, daß in diesem Fall ein Patient mit einer Verweildauer von 10 Tagen an den ersten 5 Behandlungstagen mit dem Mittel A und an den Behandlungstagen 6-10 mit dem Mittel B behandelt wird.

Insgesamt leitet sich der von einem Patienten an einem Tag verursachte Bedarf an Arzneimitteln durch einen zweistufigen Prozeß ab[1]: Zunächst wird aus dem Behandlungstag des Patienten, der Verweildauer des Patienten und der durchschnittlichen Verweildauer der Krankheit durch die Transformation (1) das Behandlungsstadium des Patienten bestimmt. Anschließend wird mit Hilfe der Daten über die Behandlung der Krankheit der Arzneimittelbedarf erzeugt.

Die Simulation der medikamentösen Behandlung von Patienten mit unterschiedlicher Verweildauer geht von der Annahme aus, daß bei einer kürzeren bzw. längeren Verweildauer die einzelnen Behandlungsstadien kürzer bzw. länger sind, die Art der Behandlung jedoch grundsätzlich gleichbleibt. Wenn die Verweildauer eines Patienten erheblich von der durchschnittlichen Verweildauer abweicht, insbesondere wenn die Verweildauer eines Patienten durch seinen Tod verkürzt wird, ist diese Annahme nicht mehr realistisch. Eine genaue Abbildung dieses Zusammenhangs kann im Simulationsmodell durch eine Aufspaltung der Krankheiten erreicht werden: Wenn z.B. der durch Patienten mit einem Herzinfarkt verursachte Verbrauch von Präparaten simuliert werden soll, kann unterschieden werden zwischen einem normal verlaufenden Herzinfarkt und einem Herzinfarkt mit tödlichem Ausgang. Bei entsprechender

1 Vgl. Abb. 15 (S. 142).

Auswahl der Krankheitsdaten werden im Simulationsmodell an Stelle der einen Krankheit "Herzinfarkt" zwei Krankheiten berücksichtigt. Für die Krankheit "Herzinfarkt mit tödlichem Ausgang" ist die Angabe einer kürzeren Verweildauer und einer realistischen medikamentösen Behandlung möglich. Je mehr Krankheiten das Simulationsmodell unterscheidet, umso genauer können unterschiedliche Krankheitsverläufe simuliert werden.

Zu den Arzneimitteldaten gehören Angaben, wieviel Mengeneinheiten eines Mittels in einer Mengeneinheit eines Präparats enthalten sind. Mit Hilfe dieser Angaben kann leicht berechnet werden, wieviel Mengeneinheiten eines Präparats zur Deckung eines gegebenen Bedarfs an einem Arzneimittel notwendig sind.

Beispiel:

Ein Patient soll 2300 Milligramm eines Arzneimittels bekommen. Eine Tablette des verwendeten Präparats enthält 500 Milligramm des Mittels. In diesem Fall werden 5 Tabletten gebraucht, um den Bedarf des Patienten an dem Arzneimittel zu decken.

Die Präparate, durch die ein von einem Patienten verursachter Arzneimittelbedarf gedeckt wird, sind ein bei der Einlieferung festgelegtes Merkmal des Patienten. Mit Hilfe dieses Merkmals und der Arzneimitteldaten wird in den Simulationsmodellen aus dem von einem Patienten verursachten Arzneimittelbedarf ein Präparatbedarf abgeleitet.

Abschließend soll die in den Simulationsmodellen vorgesehene Möglichkeit einer "Sonderbehandlung" einer Krankheit mit einem Arzneimittel erläutert werden. Im Unterschied zur normalen Behandlung führt der durch eine Sonderbehandlung verursachte Präparatbedarf zu einem sofortigen Lagerabgang in der Apotheke. Wenn eine Sonderbehandlung mit einem Arzneimittel simuliert werden soll, muß die Anzahl und Länge der Intervalle, in denen eine Behandlung mit dem Mittel erfolgt, festgelegt werden. Für jedes Behandlungsintervall wird die durchschnittliche Anzahl der Mengeneinheiten des Mittels angegeben, die ein Patient mit der betrachteten Krankheit erhält. Analog zur normalen Behandlung ist die Angabe der Anwendungswahrscheinlichkeit des Mittels und der maximalen Abweichung der Behandlung vom Mittelwert notwendig.

Beispiel:

Es liegt folgende Datensituation für die Sonderbehandlung einer Krankheit mit einem Arzneimittel vor:

Länge der Behandlungsintervalle: 1 Stunde
Anzahl der Behandlungsintervalle: 10

durchschnittliche Behandlung mit dem Mittel:

Nr. des Intervalls	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Behandlung (Mengeneinh.)	14	14	14	10	6	6	6	6	6	6

maximale Abweichung: eine Mengeneinheit.

In dieser Situation erhält ein Patient mit der betrachteten Krankheit in der 1. - 3. Stunde nach seiner Einlieferung jeweils 13 - 15 Mengeneinheiten, in der 4. Stunde 9 - 11 Mengeneinheiten und in der 5. - 10. Stunde jeweils 5 - 7 Mengeneinheiten des Mittels.

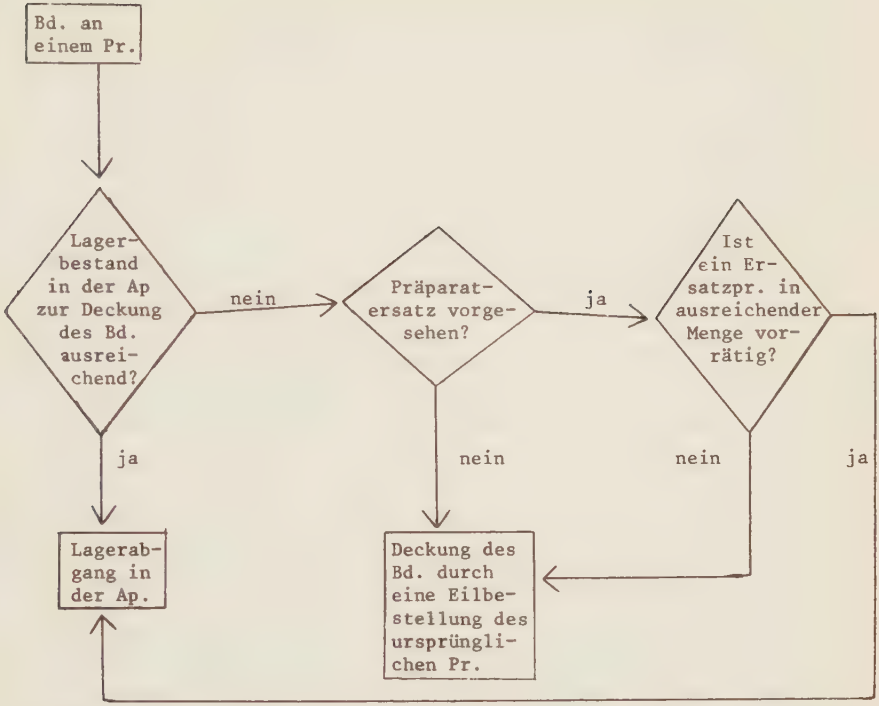
Aus dem durch eine Sonderbehandlung verursachten Arzneimittelbedarf wird ebenso wie bei der normalen Behandlung ein Präparatbedarf erzeugt.

3445. Die Deckung des Bedarfs an Präparaten durch die Apotheke

Abbildung 16 zeigt, wie in den Simulationsmodellen der Bedarf an einem Präparat durch die Apotheke gedeckt wird. Wenn ein Bedarf in der Apotheke wirksam wird und der Lagerbestand zur Deckung des Bedarfs ausreicht, erfolgt ein Lagerabgang, d.h. das Präparat wird von der Apotheke abgegeben. Reicht der Lagerbestand nicht aus, wird abgefragt, ob im Simulationsmodell ein Präparatersatz vorgesehen ist[1]. Wenn kein Präparatersatz vorgesehen ist, werden die fehlenden Mengen durch eine Eilbestellung beschafft. Eine Eilbestellung führt zu zusätzlichen Kosten. Die Berücksichtigung dieser Kosten in den Simulationsmodellen wird im nächsten Abschnitt erläutert.

Es sei jetzt unterstellt, daß der Lagerbestand in der Apotheke zur Deckung des von einem Patienten verursachten Bedarfs an einem Präparat P nicht ausreicht und ein Präparatersatz im Simulationsmodell vorgesehen ist. In die-

1 Die Angabe, ob ein Präparatersatz vorgesehen ist oder nicht, gehört zu den Daten des Simulationsmodells. Vgl. Abschnitt 3441., d).



verwendete Abkürzungen:

Pr. - Präparat
Ap. - Apotheke
Bd. - Bedarf

Abb. 16: Der Einfluß des Bedarfs an einem Präparat auf den Lagerbestand der Apotheke in den Simulationsmodellen

sem Fall wird geprüft, ob ein Ersatzpräparat in ausreichender Menge zur Verfügung steht. Falls das Präparat P zur Deckung des Bedarfs an einem Arzneimittel A gebraucht wird, kommen für einen Ersatz alle Präparate des Simulationsmodells in Frage, in denen das Arzneimittel A enthalten ist. Die Lagerbestände der in Frage kommenden Ersatzpräparate werden in der durch die Arzneimitteldaten festgelegten Reihenfolge überprüft. Wenn ein Ersatzpräparat in ausreichender Menge zur Verfügung steht, wird der Bedarf an dem Arzneimittel A durch das Ersatzpräparat gedeckt, d.h. der Bedarf an dem Präparat P verlagert sich auf das Ersatzpräparat und es erfolgt ein Lagerabgang des Ersatzpräparats in der Apotheke. Falls kein Ersatzpräparat in ausrei-

chender Menge vorrätig ist, wird der Bedarf an dem Präparat P durch eine Eilbestellung gedeckt.

Beispiel:

Das Arzneimittel A ist in den Präparaten P1, P2 und P3 enthalten. Aufgrund der Arzneimitteldaten gilt die für einen Präparatersatz relevante Reihenfolge P1, P2, P3. Zur Deckung eines Bedarfs an dem Arzneimittel A wird in der Apotheke das Präparat P2 angefordert. Das Präparat P2 steht jedoch nicht in ausreichender Menge zur Verfügung. Bei einer Simulation dieses Zusammenhangs wird, wenn ein Präparatersatz vorgesehen ist, zunächst geprüft, ob der Bedarf an A durch P1 gedeckt werden kann. Falls auch P1 nicht in ausreichender Menge vorrätig ist, wird der Lagerbestand von P3 überprüft. Wenn die Vorräte der Präparate P1 und P3 jeweils so gering sind, daß sie zur Deckung des Bedarfs an A nicht ausreichen, wird eine Eilbestellung des Präparats P2 aufgegeben.

Bei einer Sonderbehandlung mit einem Arzneimittel kann in der Apotheke in kurzen Zeitabständen von z.B. 2 Stunden mehrmals ein Präparatbedarf wirksam werden. Falls das Präparat nicht vorrätig ist und kein Ersatzpräparat zur Verfügung steht, tritt dann u.U. mehrmals hintereinander eine Verknappung auf. Der Apotheker gibt in diesem Fall i.a. nicht bei jeder Verknappung eine Eilbestellung auf, sondern er deckt durch eine Eilbestellung den Gesamtbedarf der nächsten Stunden, der durch die Sonderbehandlung des Patienten verursacht wird und in der Regel gut geschätzt werden kann. In den Simulationsmodellen wird deshalb davon ausgegangen, daß bei Verknappungen höchstens eine Eilbestellung eines Präparats pro Tag aufgegeben wird. Die Bestellmenge ist so groß, daß die Nachfrage nach dem Präparat an dem Tag gedeckt werden kann.

3446. Die Aufgabe von Bestellungen, die Lieferung von Präparaten und die Berechnung von Kostengrößen

Zu den Präparatdaten gehören zwei Bestellparameter für jedes Präparat[1], die bei der Simulation als Meldemenge und Bestellmenge des Präparats interpretiert werden. Täglich werden nach der Arzneimittelausgabe die Präparate nachbestellt, deren Lagerbestand die Meldemenge unterschritten hat und von denen keine Lieferung aufgrund einer früheren Bestellung aussteht.

---

1 Vgl. Abschnitt 3441., a).

Die Bestellung eines Präparats führt nach Ablauf der Lieferfrist zur Auffüllung des Lagerbestandes. Die Lieferfrist gehört zu den Daten des Simulationsmodells[1]. Da die Lieferfrist in ganzen Tagen angegeben wird, erfolgen bei der Simulation die Lieferungen ebenso wie die Bestellungen im Anschluß an die Arzneimittelausgaben.

Folgende Kostengrößen, die eine Bedeutung für die Planung der Arzneimittelversorgung haben, werden in den Simulationsmodellen berechnet:

a) die Umsätze der Präparate[2],

b) die Bestellkosten der Präparate,

c) die Lagerhaltungskosten der Präparate,

d) die mengenabhängige Fehlmengenkosten der Präparate und

e) die mengenunabhängigen Fehlmengenkosten der Präparate.

Die Ableitung der Kostengrößen bei der Simulation soll im folgenden kurz beschrieben werden.

Zu a):
In den Simulationsmodellen wird der Verbrauch an Präparaten abgebildet. Der Umsatz eines Präparats ergibt sich durch Multiplikation des Präparatverbrauchs mit dem Präparatpreis. Der Präparatpreis kann aus dem Preis einer Klinikpackung und der Anzahl der Mengeneinheiten, die eine Klinikpackung enthält, berechnet werden.

Zu b):
In den Simulationsmodellen wird die Anzahl der Bestellungen eines Präparats abgebildet. Die Bestellkosten werden durch Multiplikation der Anzahl der Bestellungen mit dem Bestellkostensatz[3] berechnet[4].

Zu c):
Zur Berechnung der von einem Präparat verursachten durchschnittlichen Kapitalbindung eines Tages wird in den Simulationsmodellen der Lagerbestand des Präparats nach einer eventuellen Lieferung im Anschluß an die Arznei-

1 Vgl. Abschnitt 3441. d).

2 Der Umsatz eines Präparats ist eine Kostengröße, da er nach der Definition im Abschnitt 11. dem Produkt aus dem Verbrauch und dem Einstandspreis des Präparats entspricht.

3 Der Bestellkostensatz gehört zu den "sonstigen Daten" des Simulationsmodells. Vgl. Abschnitt 3441., d).

4 Vgl. zu den Bestellkosten Abschnitt 3141.

mittelausgabe festgestellt und mit dem Preis des Präparats multipliziert[1]. Die gesamte durchschnittliche Kapitalbindung eines Tages ergibt sich durch Summation der Kapitalbindung, die durch einzelne Präparate verursacht wird.

Zu den Daten des Simulationsmodells gehört ein Zinssatz zur Berechnung der Kapitalbindungskosten[2]. Der Zinssatz, der die Verzinsung des gebundenen Kapitals pro Jahr angibt, wird auf einen Tag umgerechnet und mit der gesamten durchschnittlichen Kapitalbindung eines Tages multipliziert. Die auf diese Weise abgeleiteten Kapitalbindungskosten werden als Lagerhaltungskosten angesetzt.

Zu d):
Wenn ein angefordertes Präparat in der Apotheke nicht in ausreichender Menge zur Verfügung steht und die Anwendung eines Ersatzpräparats nicht vorgesehen oder nicht möglich ist, wird nach den Ausführungen des letzten Abschnitts in den Simulationsmodellen davon ausgegangen, daß die fehlenden Mengeneinheiten schnell beschafft werden. Bei der Simulation wird angenommen, daß ein Präparat bei einer Eilbestellung teurer als bei normalem Bezug ist. Die in Prozent angegebene relative Verteuerung bei einer Eilbestellung gehört zu den Daten des Simulationsmodells[3]. Die Anzahl der schnell beschafften Mengeneinheiten eines Präparats wird in den Simulationsmodellen abgebildet. Durch Multiplikation dieser Anzahl mit dem Preis des Präparats und der relativen Verteuerung bei einer Eilbestellung ergeben sich die mengenabhängigen Fehlmengenkosten.

Zu e):
In den Simulationsmodellen wird die Anzahl der Eilbestellungen eines Präparats abgebildet. Im Abschnitt 3143. ist dargestellt worden, daß bei schneller Beschaffung eines Präparats Kosten auftreten können, die unabhängig von der Größe der Fehlmenge sind. Derartige Kosten entstehen z.B., wenn ein Wagen zur schnellen Besorgung eines dringend benötigten Präparats eingesetzt wird. Die mengenunabhängigen Fehlmengenkosten des Simulationszeitraums ergeben sich durch Multiplikation der Anzahl der Eilbestellungen

---

1 Durch dieses Vorgehen wird die durch ein Präparat verursachte durchschnittliche Kapitalbindung eines Tages nicht exakt berechnet, da durch eine Sonderbehandlung der Lagerbestand des Präparats im Laufe des Tages beeinflußt werden kann. Vgl. zum Problem der genauen Ermittlung der durchschnittlichen Kapitalbindung auch die Berechnung der Lagerhaltungskosten im Abschnitt 322.

2 Vgl. Abschnitt 3441., d).

3 Vgl. Abschnitt 3441., d).

des Simulationszeitraums mit den fixen Kosten einer Eilbestellung[1].

345. Beschreibung des Simulationsprogramms

3451. Der Aufbau und die Funktionsweise des Simulationsprogramms

Eine vollständige, kommentierte Liste des Simulationsprogramms kann im Anhang nachgelesen werden[2]. Das Programm ist modular aufgebaut, d.h. es besteht aus zahlreichen, zum Teil recht kurzen Unterprogrammen[3]. Im folgenden soll nicht der Gesamtaufbau des Simulationsprogramms in Einzelheiten beschrieben werden[4], sondern es wird nur der wichtigste Teil des Programms, der für die Zustandsänderungen bei der Simulation zuständig ist, genauer erläutert.

Zustandsänderungen werden in den formulierten Simulationsmodellen durch Ereignisse verursacht. Es treten verschiedene Arten von Ereignissen auf. In der nachstehenden Liste sind die wichtigsten Ereignisarten zusammengestellt.

Ereignisart 1: Die Aufgabe von Bestellungen.

Ereignisart 2: Die Einlieferung von Patienten.

Ereignisart 3: Die Deckung eines Präparatbedarfs, der durch eine normale Behandlung eines Patienten verursacht worden ist.

Ereignisart 4: Die Deckung eines Präparatbedarfs, der durch eine Sonderbehandlung eines Patienten verursacht worden ist.

Ereignisart 5: Die Lieferung bestellter Präparate.

Zur Durchführung der Zustandsänderungen, die mit den Ereignissen verbunden sind, dienen die Unterprogramme U1, U2, U3, U4 und U5[5], d.h. ein Ereignis

1 Die fixen Kosten einer Eilbestellung gehören zu den Daten des Simulationsmodells. Vgl. Abschnitt 3441., d).

2 Vgl. Anhang II.

3 Zu den Vorteilen eines modularen Aufbaus von Computerprogrammen vgl. z.B. M.V. Thormälen (1974), S. 235 ff.

4 Die Einzelheiten können der kommentierten Liste im Anhang entnommen werden.

5 Insgesamt berücksichtigt das Simulationsprogramm 6 verschiedene Ereignisarten. Die Ereignisart 6 und das zugehörige Unterprogramm U6 dient der Steuerung der Ausgabe beim Testen des Simulationsprogramms. Da bei einer Simulation eines Arzneimittelversorgungssystems mit Hilfe des Simulationsprogramms auf eine Steuerung der Ausgabe durch Ereignisse der Art 6 verzichtet werden kann, wird auf das Unterprogramm U6 nicht weiter eingegangen.

wird auf dem Computer durch den Aufruf eines der genannten Unterprogramme simuliert. Gleichzeitig sind die Unterprogramme für die Erzeugung neuer Ereignisse zuständig[1]. Die Aufgaben der einzelnen Unterprogramme sollen kurz beschrieben werden.

Unterprogramm U1:

Durch den Aufruf von U1 werden Bestellungen für die Präparate aufgegeben, deren Lagerbestand die Meldmenge unterschritten hat[2]. Bei der Bestellung eines Präparats wird das Ereignis "Lieferung des Präparats" erzeugt. Der Zeitpunkt dieses Ereignisses ergibt sich aus dem Zeitpunkt der Bestellung und der Lieferfrist. Da täglich nach der Arzneimittelausgabe Bestellungen aufgegeben werden können, wird am Ende des Unterprogramms U1 ein neues Ereignis "Bestellung von Präparaten" erzeugt, das 24 Stunden später eintritt.

Weitere Aufgaben von U1 sind die Erzeugung von Neueinlieferungen und das Nachhalten der durch die Lagerhaltung der Präparate verursachten Kapitalbindung.

Unterprogramm U2:

In U2 werden die Zustandsänderungen simuliert, die mit der Einlieferung eines Patienten verbunden sind[3]. Da die Behandlung eines neu eingelieferten Patienten zu einem Präparatbedarf führt, der gedeckt werden muß, erzeugt das Unterprogramm U2 Ereignisse der Art 3 und, wenn eine Sonderbehandlung vorgesehen ist, Ereignisse der Art 4.

Unterprogramm U3:

In U3 wird zunächst der Bedarf an Präparaten erzeugt, der bei der normalen Behandlung eines Patienten am vorangegangenen Behandlungstag entstanden ist[4]. Anschließend erfolgt die Deckung des Bedarfs durch die Apotheke[5]. Da die für die normale Behandlung eines Patienten benötigten Präparate während der Arzneimittelausgaben in der Apotheke angefordert werden, können Ereignisse der Art 3 nur dann eintreten, wenn Arzneimittelausgaben stattfinden. Das Unterprogramm erzeugt ein neues Ereignis der Art 3, das 24 Stunden später bei der nächsten Arzneimittelausgabe eintritt, wenn der betrachtete

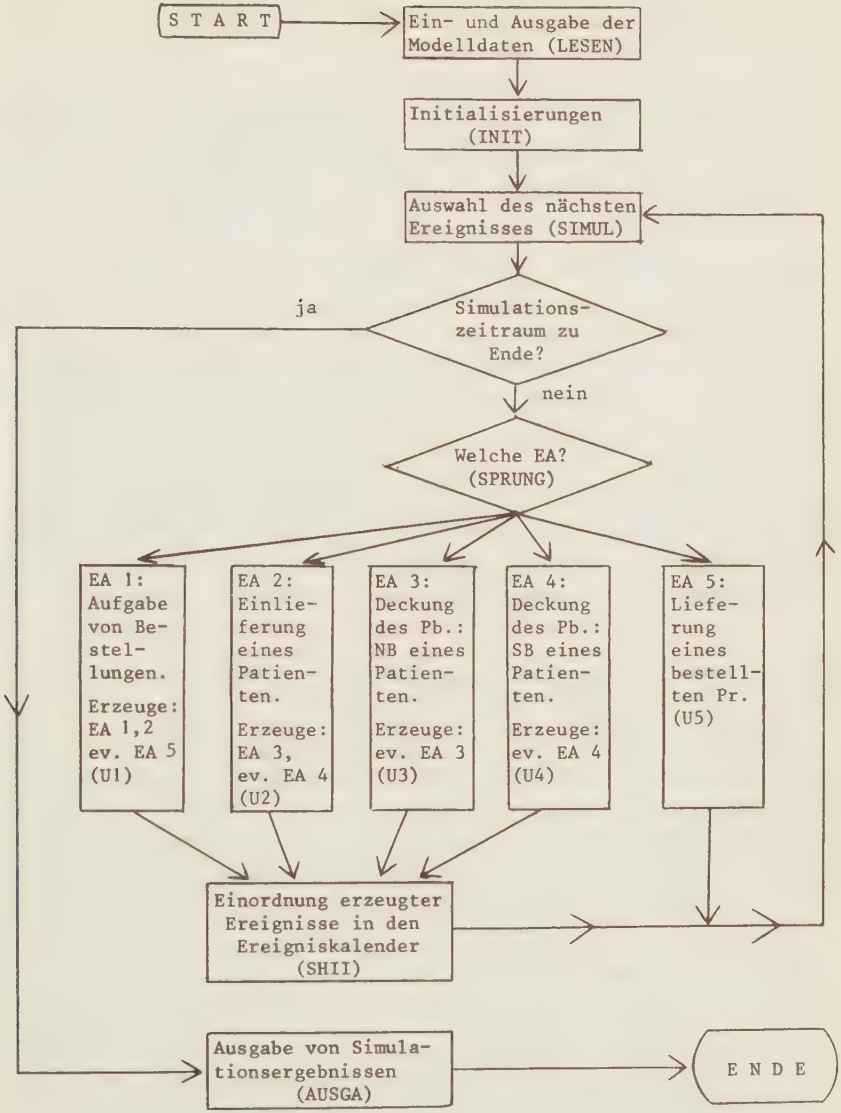
1 Vgl. hierzu auch Abschnitt 343.

2 Vgl. zur Aufgabe der Bestellungen Abschnitt 3446.

3 Vgl. hierzu die Abschnitte 3442. und 3443.

4 Vgl. zur Erzeugung des Bedarfs an Präparaten Abschnitt 3444. Der Bedarf des vorangegangenen Tages wird zunächst durch die Arzneimittelschränke gedeckt.

5 Vgl. zur Deckung des Bedarfs an Präparaten Abschnitt 3445.



Verwendete Abkürzungen:
EA - Ereignisart(en)
ev. - eventuell
Pr. - Präparat
NB - normale Behandlung
SB - Sonderbehandlung
Pb. - Präparatbedarf

Abb. 17: Vereinfachte Darstellung des Ablaufs einer Simulation mit Hilfe

Patient noch länger im Krankenhaus bleibt.

Unterprogramm U4:

In U4 wird zunächst der Präparatbedarf abgeleitet, der durch die Sonderbehandlung eines Patienten im nachfolgenden Behandlungsintervall entsteht[1]. Der Bedarf wird sofort durch die Apotheke gedeckt. Wenn die Anzahl der zur Sonderbehandlung des Patienten vorgesehenen Intervalle noch nicht erreicht ist[2], wird im Unterprogramm U4 ein neues Ereignis der Art 4 erzeugt, welches ein Behandlungsintervall später eintritt.

Unterprogramm U5:

Im Unterprogramm U5 wird der Lagerbestand durch die Lieferung eines bestellten Präparats wieder aufgefüllt. Das Unterprogramm U5 erzeugt keine neuen Ereignisse.

Die Funktionsweise des Simulationsprogramms beim Ablauf einer Simulation ist in vereinfachter Form in Abbildung 17 dargestellt[3]. Die Namen der Unterprogramme des Simulationsprogramms, in denen die dargestellten Tätigkeiten durchgeführt werden, sind in der Abbildung in Klammern angegeben.

3452. Die Ableitung von Bestellparametern durch das Simulationsprogramm

Zur Durchführung einer Simulation ist für jedes Präparat des Simulationsmodells die Angabe einer Melde- und Bestellmenge notwendig. Die Bestellparameter können vor der Simulation z.B. nach der Vorgehensweise 1 abgeleitet werden. Zur Anwendung der Vorgehensweise 1 müssen jedoch Informationen über die Bedarfsverteilungen der Präparate zur Verfügung stehen. Da diese Informationen durch eine Simulation gewonnen werden können, ist es naheliegend, aus den Simulationsergebnissen nach der Vorgehensweise 1 neue Bestellparameter abzuleiten. Diese Ableitung wird vom Simulationsprogramm selbständig durchgeführt. Die Berechnung neuer Bestellparameter durch das Simulationsprogramm hat keinen Einfluß auf den Ablauf der Simulation, da die Bestellungen in den Simulationsmodellen durch die ursprünglich angege-

---

1 Vgl. zur Ableitung des Bedarfs bei der Sonderbehandlung eines Patienten Abschnitt 3444.

2 Vgl. zur Anzahl der Behandlungsintervalle Abschnitt 3444.

3 Vgl. zur Abb. 17 auch die allgemeine Darstellung des Ablaufs einer ereignisorientierten Simulation in T. Witte (1973), S. 166.

benen Bestellparameter geregelt werden. Es ist jedoch möglich, die vom Simulationsprogramm abgeleiteten Parameter bei einer neuen Simulation als Daten zu verwenden.

Im folgenden soll zunächst die Berechnung von Bestellparametern durch das Simulationsprogramm näher erläutert werden. Anschließend wird das Vorgehen bei der Ableitung von Bestellparametern mit Hilfe des Simulationsprogramms in einem Beispiel verdeutlicht.

Zur Bestimmung der Bedarfsverteilungen, die für eine Anwendung der Vorgehensweise 1 relevant sind, wird der Simulationszeitraum in Teilperioden unterteilt[1], deren Länge dem Zeitraum entspricht, in dem der Bedarf durch die Meldemengen der Präparate gedeckt werden muß[2]. Während der Simulation wird vom Simulationsprogramm für alle Präparate nachgehalten, in wieviel Teilperioden der Bedarf eine bestimmte Höhe hat. Nach Beendigung der Simulation können aus diesen Zahlen Wahrscheinlichkeitsverteilungen berechnet werden, die bei einem ausreichend langen Simulationszeitraum die Verteilungen des durch die Meldemenge zu deckenden Bedarfs an Präparaten in guter Näherung beschreiben.

Beispiel:

Der Simulationszeitraum ist 10 Jahre = 3650 Tage, die Lieferfrist beträgt einen Tag und es findet täglich eine Arzneimittelausgabe statt. Die Meldemenge eines Präparats muß in diesem Fall den Bedarf von zwei Tagen decken. Der Simulationszeitraum wird deshalb in 1825 Teilperioden von zwei Tagen unterteilt. In einem Simulationslauf wird festgestellt, daß der Bedarf an einem Präparat in 600 Teilperioden 0 Mengeneinheiten, in 800 Teilperioden 1 Mengeneinheit, in 300 Teilperioden 2 Mengeneinheiten und in 125 Teilperioden 3 Mengeneinheiten beträgt.

Wenn die Höhe des Bedarfs an einem Präparat in zwei Tagen mit B bezeichnet wird, berechnet sich aus den Simulationsergebnissen folgende Verteilung von B[3]:

1 Diese Unterteilung hat keinen Einfluß auf den ereignisorientierten Ablauf der Simulation. Die Vorstellung, daß der Simulationszeitraum in Teilperioden unterteilt ist, erleichtert jedoch die Beschreibung des Vorgehens bei der Ableitung der Bedarfsverteilungen.

2 Vgl. hierzu auch die Ausführungen gegen Ende des Abschnitts 3233.

3 Die Wahrscheinlichkeit des "Ereignisses" B=k wird hier durch die relative Häufigkeit des Ereignisses approximiert. Vgl. zu diesem Vorgehen z.B. T. Yamane (1976), S. 95 ff.

W(B=0) = 600/1825 = 0,329. W(B=1) = 800/1825 = 0,438.
W(B=2) = 300/1825 = 0,164. W(B=3) = 125/1825 = 0,069.

Das Simulationsprogramm berechnet auf diese Weise aus den Simulationsergebnissen die Verteilungen des Bedarfs an Präparaten, der durch die Meldemengen zu decken ist, und leitet nach der Vorgehensweise 1 für jedes Präparat eine Bestell- und Meldemenge ab. Dabei werden als Lagerhaltungskosten die Kapitalbindungskosten und als Fehlmengenkosten die durch die Verteuerung der Präparate bei einer Eilbestellung verursachten Kosten angesetzt. Die nach der Formel (12) des Abschnitts 3232 (S. 72) berechnete Bestellmenge wird in der Mengeneinheit "Klinikpackungen" ausgedrückt und nach oben aufgerundet[1]. Die Berechnung der Meldemenge erfolgt mit Hilfe der Ungleichung (9) des Abschnitts 3233 (S. 77).

Die abgeleiteten Bestellparameter werden vom Simulationsprogramm für jedes Präparat zusammen mit den übrigen Simulationsergebnissen ausgegeben. Das folgende Beispiel verdeutlicht das Vorgehen, wenn die Bestellparameter eines Simulationsmodells mit Hilfe des Simulationsprogramms bestimmt werden sollen.

Beispiel:

Bis auf die Bestellparameter sind alle Daten eines Simulationsmodells gegeben. Die Bestellparameter sollen nach der Vorgehensweise 1 berechnet werden. Zu diesem Zweck wird zunächst eine Simulation über einen längeren Zeitraum mit *beliebigen* Bestellparametern durchgeführt. Nach Beendigung der Simulation druckt das Simulationsprogramm für jedes Präparat Bestellparameter aus, die nach der Vorgehensweise 1 abgeleitet worden sind. Diese neuen Bestellparameter werden den Präparaten an Stelle der ursprünglich angegebenen Parameter als Daten zugeordnet. Die Konsequenzen, die sich aus einer Anwendung dieser Parameter ergeben, können durch eine weitere Simulation bestimmt werden.

Das beschriebene Vorgehen wird z.B. im Abschnitt 346. zur Ableitung der Bestellparameter angewendet.

---

1 Vgl. zur Ableitung der Bestellmenge bei Verpackungsrestriktionen auch die Ausführungen im Abschnitt 3232.

3453. Bemerkungen zur Ein- und Ausgabe des Simulationsprogramms

Zur Durchführung einer Simulation müssen die Daten des Simulationsmodells auf Lochkarten übertragen werden[1,2]. Die Modelldaten können anschließend in einen Computer eingegeben und vom Simulationsprogramm verarbeitet werden. Das Programm läßt den Computer vor dem Beginn der Simulation zunächst alle eingegebenen Daten ausdrucken, damit eventuelle Eingabefehler, die u.U. zum Abbruch der Simulation führen, leichter festgestellt werden können[3].

Um die Obersichtlichkeit der Ausgabe zu verbessern, können für die Krankheiten, Arzneimittel und Präparate des Simulationsmodells Namen oder Bezeichnungen eingegeben werden. Die Namen und Bezeichnungen haben keinen Einfluß auf den Ablauf der Simulation, da die Krankheiten, Arzneimittel und Präparate im Simulationsmodell durch eine Nummerierung gekennzeichnet sind[4].

Für jedes Arzneimittel und Präparat ist ferner die Eingabe eines Kommentars und einer Bezeichnung der Mengeneinheit möglich, die zusammen mit den Arzneimittel- und Präparatdaten ausgedruckt werden. Auch die Bezeichnungen der Mengeneinheiten und die Kommentare haben keinen Einfluß auf den Ablauf der Simulation, sondern sollen die Obersichtlichkeit der Ausgabe verbessern[5].

Das Simulationsprogramm geht davon aus, daß als Geldeinheit eine DM verwendet wird. Bei der Ausgabe werden deshalb Größen mit der Dimension Geldeinheiten in DM-Beträgen ausgedruckt.

Da durch Simulationen in dieser Arbeit das langfristige Verhalten realer Arzneimittelversorgungssysteme studiert werden soll, erfolgt die Ausgabe der

---

1 Grundsätzlich können Daten auch ohne Verwendung von Lochkarten - z.B. über Lochstreifen oder Bildschirmgeräte - in einen Computer eingegeben werden. Auf diese Möglichkeiten soll hier nicht eingegangen werden.

2 Die Verschlüsselung, in der die Daten auf Lochkarten übertragen werden müssen, wird nicht weiter beschrieben, da sie keine Bedeutung für den Ablauf der Simulation und die weitere Untersuchung in dieser Arbeit hat.

3 Vgl. hierzu auch die vom Computer ausgedruckte Datenliste im nächsten Abschnitt.

4 Vgl. hierzu Abschnitt 3443.

5 Vgl. auch die Kommentare und Bezeichnungen in der Datenliste des nächsten Abschnitts.

meisten zeitraumbezogenen Simulationsergebnisse in Durchschnittswerten pro Jahr. Beispielsweise werden nach der Beendigung einer Simulation nicht die Gesamtkosten der Lagerhaltung des Simulationszeitraums, sondern die durchschnittlichen Gesamtkosten der Lagerhaltung pro Jahr ausgedruckt.

346. Diskussion von Simulationsergebnissen

3461. Die Datensituation

Als Beispiel wurde mit dem Simulationsprogramm die Arzneimittelversorgung der mit einem Herzinfarkt im Krankenhaus liegenden Patienten simuliert. Die genauen Modelldaten können der vom Computer ausgedruckten Datenliste entnommen werden, die auf den folgenden Seiten abgebildet ist. Vor der Diskussion der Simulationsergebnisse werden zunächst die Modelldaten kurz erläutert.

Erläuterungen zu den Krankheitsdaten:
Die angenommene Anzahl von durchschnittlich 80 Krankheitsfällen pro Jahr paßt zu einem Krankenhaus mit einer Fachabteilung für innere Medizin, die eine Größenordnung von ca. 200 Betten hat. Bei der Festlegung des Verweildauerintervalls und der medikamentösen Behandlung ist ein normaler Verlauf der Krankheit "Herzinfarkt" unterstellt worden[1].

Erläuterungen zu den Arzneimitteldaten:
Die Wirkung eines Arzneimittels hängt von der Art der Verabreichung ab: Ein gespritztes Mittel wirkt in der Regel schneller und intensiver als ein Mittel, das als Tablette eingenommen wird. Aus diesem Grunde sind die Arzneimittel, die in verschiedenen Verabreichungsformen zur Behandlung eines Herzinfarkts eingesetzt werden, nach der Art ihrer Verabreichung differenziert worden.

Beispiel:

Die Arzneimittel 1 und 2 des Simulationsmodells haben die Namen DIGITALIS-A. und DIGITALIS-T. Es handelt sich in beiden Fällen um das Arzneimittel Digitalis. Während das Mittel DIGITALIS-A. gespritzt wird (A. = Ampulle), erfolgt eine Verabreichung des Mittels DIGITALIS-T. in Tablettenform (T. = Tablette).

1 Eine Berücksichtigung abnormer Krankheitsverläufe wäre durch eine Unterteilung der Krankheit "Herzinfarkt" in mehrere Krankheiten möglich. Vgl. Abschnitt 3444.

EIN- UND AUSGABE DER DATEN DES SIMULATIONSMODELLS

ANZAHL DER BERUECKSICHTIGTEN KRANKHEITEN: 1
ANZAHL DER BERUECKSICHTIGTEN ARZNEIMITTEL: 13
ANZAHL DER BERUECKSICHTIGTEN PRAEPARATE: 22

DIE PRAEPARATDATEN DES MODELLS

ABKUERZUNGEN:
PR - PRAEPARAT, KP - KLINIKPACKUNG, BZ - BEZEICHNUNG,
ME - MENGENEINHEIT, KOM - KOMMENTAR

PR NR. 1 NAME DES PR: DIGAMP1 BZ DER EINHEIT: AMPULLE
KOM: DIGITALISPRAEPARAT. 1 AMPULLE ENTHAELT 0,25 MG DIGOXIN.
ANZAHL DER EINHEITEN PRO KP: 100 PREIS EINER KP: 60.00 DM
BESTELLPOLITIK: MELDEMENGE: 4 ME BESTELLMENGE: 4 KP

PR NR. 2 NAME DES PR: DIGAMP2 BZ DER EINHEIT: AMPULLE
KOM: DIGITALISPRAEPARAT. 1 AMPULLE ENTHAELT 0,4 MG DIGOXIN.
ANZAHL DER EINHEITEN PRO KP: 100 PREIS EINER KP: 72.00 DM
BESTELLPOLITIK: MELDEMENGE: 6 ME BESTELLMENGE: 5 KP

PR NR. 3 NAME DES PR: DIGITA1 BZ DER EINHEIT: TABLETTE
KOM: DIGITALISPRAEPARAT. 1 TABLETTE ENTHAELT 0,25 MG DIGOXIN.
ANZAHL DER EINHEITEN PRO KP: 500 PREIS EINER KP: 45.00 DM
BESTELLPOLITIK: MELDEMENGE: 16 ME BESTELLMENGE: 5 KP

PR NR. 4 NAME DES PR: DIGITA2 BZ DER EINHEIT: TABLETTE
KOM: DIGITALISPRAEPARAT. 1 TABLETTE ENTHAELT 0,2 MG DIGOXIN.
ANZAHL DER EINHEITEN PRO KP: 500 PREIS EINER KP: 44.00 DM
BESTELLPOLITIK: MELDEMENGE: 32 ME BESTELLMENGE: 6 KP

PR NR. 5 NAME DES PR: ANTIKAM BZ DER EINHEIT: AMPULLE
KOM: ANTIKOAGULANTIUM. 1 AMPULLE ENTHAELT 25 000 IE HEPARIN.
ANZAHL DER EINHEITEN PRO KP: 15 PREIS EINER KP: 195.00 DM
BESTELLPOLITIK: MELDEMENGE: 6 ME BESTELLMENGE: 5 KP

PR NR. 6 NAME DES PR: ANTITA1 BZ DER EINHEIT: TABLETTE
KOM: ANTIKOAGULANTIUM. 1 TABLETTE ENTHAELT 3 MG CUMARINDERIVATE.
ANZAHL DER EINHEITEN PRO KP: 1000 PREIS EINER KP: 205.00 DM
BESTELLPOLITIK: MELDEMENGE: 34 ME BESTELLMENGE: 3 KP

PR NR. 7 NAME DES PR: ANTITA2 BZ DER EINHEIT: TABLETTE
KOM: ANTIKOAGULANTIUM. 1 TABLETTE ENTHAELT 3 MG CUMARINDERIVATE.
ANZAHL DER EINHEITEN PRO KP: 250 PREIS EINER KP: 57.00 DM
BESTELLPOLITIK: MELDEMENGE: 10 ME BESTELLMENGE: 4 KP

PR NR. 8 NAME DES PR: PLASEX1 BZ DER EINHEIT: FLASCHE
KOM: PLASMA-EXPANDER. INHALT EINER INFUSIONSFLASCHE 500 ML.
ANZAHL DER EINHEITEN PRO KP: 10 PREIS EINER KP: 210.00 DM
BESTELLPOLITIK: MELDEMENGE: 38 ME BESTELLMENGE: 14 KP

PR NR. 9 NAME DES PR: PLASEX2 BZ DER EINHEIT: FLASCHE
KOM: PLASMA-EXPANDER. INHALT EINER INFUSIONSFLASCHE 500 ML.
ANZAHL DER EINHEITEN PRO KP: 10 PREIS EINER KP: 210.00 DM
BESTELLPOLITIK: MELDEMENGE: 38 ME BESTELLMENGE: 14 KP

PR NR. 10 NAME DES PR: ANTIBIOAM BZ DER EINHEIT: AMPULLE
KOM: BREITBANDANTIBIOTICUM. EINE AMPULLE ENTHAELT 2 G PENICILLINE.
ANZAHL DER EINHEITEN PRO KP: 25 PREIS EINER KP: 240.00 DM
BESTELLPOLITIK: MELDEMENGE: 27 ME BESTELLMENGE: 7 KP

PR NR. 11 NAME DES PR: ANTIBIOAM2 BZ DER EINHEIT: AMPULLE
KOM: BREITBANDANTIBIOTICUM. EINE AMPULLE ENTHAELT 1 G PENICILLINE.
ANZAHL DER EINHEITEN PRO KP: 25 PREIS EINER KP: 130.00 DM
BESTELLPOLITIK: MELDEMENGE: 72 ME BESTELLMENGE: 14 KP

PR NR. 12 NAME DES PR: ANTIBIOTA BZ DER EINHEIT: TABLETTE
KOM: BREITBANDANTIBIOTICUM. 1 TABLETTE ENTHAELT 1 G PENICILLINE.
ANZAHL DER EINHEITEN PRO KP: 500 PREIS EINER KP: 950.00 DM
BESTELLPOLITIK: MELDEMENGE: 18 ME BESTELLMENGE: 1 KP

PR NR. 13 NAME DES PR: DIURAM1 BZ DER EINHEIT: AMPULLE
KOM: DIURETICUM. 1 AMPULLE ENTHAELT 20 MG FREIER SAEURE.
ANZAHL DER EINHEITEN PRO KP: 100 PREIS EINER KP: 120.00 DM
BESTELLPOLITIK: MELDEMENGE: 24 ME BESTELLMENGE: 5 KP

PR NR. 14 NAME DES PR: DIURAM2 BZ DER EINHEIT: AMPULLE
KOM: DIURETICUM. 1 AMPULLE ENTHAELT 20 MG FREIER SAEURE.
ANZAHL DER EINHEITEN PRO KP: 500 PREIS EINER KP: 550.00 DM
BESTELLPOLITIK: MELDEMENGE: 65 ME BESTELLMENGE: 2 KP

PR NR. 15 NAME DES PR: DIURATA BZ DER EINHEIT: TABLETTE
KOM: DIURETUCUM. 1 TABLETTE ENTHAELT 50 MG SPIRONOLACTON.
ANZAHL DER EINHEITEN PRO KP: 500 PREIS EINER KP: 680.00 DM
BESTELLPOLITIK: MELDEMENGE: 54 ME BESTELLMENGE: 2 KP

PR NR. 16 NAME DES PR: KORTISAM1 BZ DER EINHEIT: AMPULLE
KOM: CORTICOID. AMPULLE MIT 250 MG.
ANZAHL DER EINHEITEN PRO KP: 100 PREIS EINER KP: 2550.00 DM
BESTELLPOLITIK: MELDEMENGE: 13 ME BESTELLMENGE: 1 KP

PR NR. 17 NAME DES PR: KORTISAM2 BZ DER EINHEIT: AMPULLE
KOM: CORTICOID. AMPULLE MIT 250 MG.
ANZAHL DER EINHEITEN PRO KP: 100 PREIS EINER KP: 2550.00 DM
BESTELLPOLITIK: MELDEMENGE: 1 ME BESTELLMENGE: 1 KP

PR NR. 18 NAME DES PR: KORTISATA BZ DER EINHEIT: TABLETTE
KOM: CORTICOID. 1 TABLETTE ENTHAELT 4 MG PREDNISON.
ANZAHL DER EINHEITEN PRO KP: 500 PREIS EINER KP: 330.00 DM
BESTELLPOLITIK: MELDEMENGE: 37 ME BESTELLMENGE: 3 KP

PR NR. 19 NAME DES PR: SEDATIVAM1 BZ DER EINHEIT: TABLETTE
KOM: 1 TABLETTE ENTHAELT 5 MG.
ANZAHL DER EINHEITEN PRO KP: 1000 PREIS EINER KP: 170.00 DM
BESTELLPOLITIK: MELDEMENGE: 8 ME BESTELLMENGE: 2 KP

PR NR. 20 NAME DES PR: SEDATIVAM2 BZ DER EINHEIT: TABLETTE
KOM: 1 TABLETTE ENTHAELT 5 MG.
ANZAHL DER EINHEITEN PRO KP: 1000 PREIS EINER KP: 170.00 DM
BESTELLPOLITIK: MELDEMENGE: 22 ME BESTELLMENGE: 2 KP

PR NR. 21 NAME DES PR: SEDATIVAM3 BZ DER EINHEIT: TABLETTE
KOM: 1 TABLETTE ENTHAELT 5 MG.
ANZAHL DER EINHEITEN PRO KP: 5000 PREIS EINER KP: 600.00 DM
BESTELLPOLITIK: MELDEMENGE: 58 ME BESTELLMENGE: 1 KP

PR NR. 22 NAME DES PR: ANTIKAM BZ DER EINHEIT: FLASCHE
KOM: FIBRINOLYTICUM. 1 FLASCHE ENTHAELT 100 000 IE.
ANZAHL DER EINHEITEN PRO KP: 10 PREIS EINER KP: 380.00 DM
BESTELLPOLITIK: MELDEMENGE: 34 ME BESTELLMENGE: 7 KP

DIE ARZNEIMITTELDATEN DES MODELLS

ABKUERZUNGEN:
AR = ARZNEIMITTEL, PR = PRAEPARAT, ME = MENGENEINHEIT
AW = ANWENDUNGSWAHRSCHEINLICHKEIT, ANPMP = ANZAHL DER ME
DES AR PRO ME DES PR, KOM = KOMMENTAR

```
AR NR.  1     BZ DES AR: DIGITALIS-A.  BZ DER EINHEIT: 1/100 MILLIG
KOM:   CHEMISCHE SUBSTANZ: DIGOXIN.
DAS MITTEL IST IN FOLGENDEN PRAEPARATEN ENTHALTEN:
NR. DES PR:  1  NAME: DIGAMP1       AW:  20 PROZENT  AMPMP:  25
NR. DES PR:  2  NAME: DIGAMP2       AW:  80 PROZENT  AMPMP:  40

AR NR.  2     BZ DES AR: DIGITALIS-T.  BZ DER EINHEIT: 1/100 MILLIG
KOM:   CHEMISCHE SUBSTANZ: DIGOXIN.
DAS MITTEL IST IN FOLGENDEN PRAEPARATEN ENTHALTEN:
NR. DES PR:  3  NAME: DIGITA1       AW:  35 PROZENT  AMPMP:  25
NR. DES PR:  4  NAME: DIGITA2       AW:  65 PROZENT  AMPMP:  20

AR NR.  3     BZ DES AR: ANTIKOAG.-A.  BZ DER EINHEIT: 1000 IE
KOM:   CHEMISCHE SUBSTANZ: HEPARIN.
DAS MITTEL IST IN FOLGENDEN PRAEPARATEN ENTHALTEN:
NR. DES PR:  5  NAME: ANTIKAM       AW: 100 PROZENT  AMPMP:  25

AR NR.  4     BZ DES AR: ANTIKOAG.-T.  BZ DER EINHEIT: MILLIGRAMM
KOM:   CHEMISCHE SUBSTANZ: CUMARINE.
DAS MITTEL IST IN FOLGENDEN PRAEPARATEN ENTHALTEN:
NR. DES PR:  6  NAME: ANTITA1       AW:  80 PROZENT  AMPMP:   3
NR. DES PR:  7  NAME: ANTITA2       AW:  20 PROZENT  AMPMP:   3

AR NR.  5     BZ DES AR: PLASMA-EXPA.  BZ DER EINHEIT: 10 MILLILIT.
KOM:   CHEMISCHE SUBSTANZ: VERSCHIEDENE ELEKTROLYTE.
DAS MITTEL IST IN FOLGENDEN PRAEPARATEN ENTHALTEN:
NR. DES PR:  8  NAME: PLASEX1       AW:  50 PROZENT  AMPMP:  50
NR. DES PR:  9  NAME: PLASEX2       AW:  50 PROZENT  AMPMP:  50

AR NR.  6     BZ DES AR: ANTIBIOT.-A.  BZ DER EINHEIT: GRAMM
KOM:   CHEMISCHE SUBSTANZ: PENICILLINE.
DAS MITTEL IST IN FOLGENDEN PRAEPARATEN ENTHALTEN:
NR. DES PR: 10  NAME: ANTIBIOAM1    AW:  40 PROZENT  AMPMP:   2
NR. DES PR: 11  NAME: ANTIBIOAM2    AW:  60 PROZENT  AMPMP:   1

AR NR.  7     BZ DES AR: ANTIBIOT.-T.  BZ DER EINHEIT: GRAMM
KOM:   CHEMISCHE SUBSTANZ: PENICILLINE.
DAS MITTEL IST IN FOLGENDEN PRAEPARATEN ENTHALTEN:
NR. DES PR: 12  NAME: ANTIBIOTA     AW: 100 PROZENT  AMPMP:   1

AR NR.  8     BZ DES AR: DIURETIKA-A.  BZ DER EINHEIT: MILLIGRAMM
KOM:   CHEMISCHE SUBSTANZ: FUROSEMID.
DAS MITTEL IST IN FOLGENDEN PRAEPARATEN ENTHALTEN:
NR. DES PR: 13  NAME: DIURAM1       AW:  20 PROZENT  AMPMP:  20
NR. DES PR: 14  NAME: DIURAM2       AW:  80 PROZENT  AMPMP:  20

AR NR.  9     BZ DES AR: DIURETIKA-T.  BZ DER EINHEIT: MILLIGRAMM
KOM:   CHEMISCHE SUBSTANZ: SPIRONOLACTON.
DAS MITTEL IST IN FOLGENDEN PRAEPARATEN ENTHALTEN:
NR. DES PR: 15  NAME: DIURATA       AW: 100 PROZENT  AMPMP:  50

AR NR. 10     BZ DES AR: CORTISON-A.   BZ DER EINHEIT: MILLIGRAMM
KOM:   CORTICOIDE.  CHEMISCHE SUBSTANZ: PREDNISON.
DAS MITTEL IST IN FOLGENDEN PRAEPARATEN ENTHALTEN:
NR. DES PR: 16  NAME: KORTISAM1     AW:  80 PROZENT  AMPMP: 250
NR. DES PR: 17  NAME: KORTISAM2     AW:  20 PROZENT  AMPMP: 250

AR NR. 11     BZ DES AR: CORTISON-T.   BZ DER EINHEIT: MILLIGRAMM
KOM:   CHEMISCHE SUBSTANZ: PREDNISON.
DAS MITTEL IST IN FOLGENDEN PRAEPARATEN ENTHALTEN:
NR. DES PR: 18  NAME: KORTISATA     AW: 100 PROZENT  AMPMP:   4

AR NR. 12     BZ DES AR: SEDATIVA       BZ DER EINHEIT: MILLIGRAMM
KOM:   BERUHIGUNGSMITTEL.
DAS MITTEL IST IN FOLGENDEN PRAEPARATEN ENTHALTEN:
NR. DES PR: 19  NAME: SEDATIVAM1    AW:  10 PROZENT  AMPMP:   5
NR. DES PR: 20  NAME: SEDATIVAM2    AW:  20 PROZENT  AMPMP:   5
NR. DES PR: 21  NAME: SEDATIVAM3    AW:  70 PROZENT  AMPMP:   5
```

AR NR. 13 BZ DES AR: ANTIK.-GA BZ DER EINHEIT: 10 000 IE
KOM: GERINSELAUFLOESENDES MITTEL.
DAS MITTEL IST IN FOLGENDEN PRAEPARATEN ENTHALTEN:
NR. DES PR: 22 NAME: ANTIKAM AW: 100 PROZENT AMPMP: 10

DIE KRANKHEITSDATEN DES MODELLS

ABKUERZUNGEN:
AR - ARZNEIMITTEL. BH - BEHANDLUNG
BHT - BEHANDLUNGSTAG. BHI - BEHANDLUNGSINTERVALL

NR. DER KRANKHEIT: 1 BEZEICHNUNG DER KRANKHEIT: HERZINFARKT

PRO JAHR WERDEN DURCHSCHNITTLICH 80 PATIENTEN MIT DIESER KRANKHEIT IN DAS KRANKENHAUS EINGELIEFERT
DURCHSCHNITTLICHE VERWEILDAUER: 45 TAGE
DIE VERWEILDAUER SCHWANKT ZWISCHEN 40 - 50 TAGEN

BEHANDLUNG MIT ARZNEIMITTELN:
ES WERDEN BIS ZU 12 VERSCHIEDENE AR ZUR NORMALEN BH VERWENDET

BH MIT AR NR. 1 NAME DES AR: DIGITALIS-A.
ANWENDUNGSWAHRSCHEINLICHKEIT: 100 PROZENT
MAXIMALE ABWEICHUNG DER BEHANDLUNG VOM MITTELWERT: 0 ME

BHT:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
BH:	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	0	0	0	0	0
BHT:	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
BH:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BHT:	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
BH:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

BH MIT AR NR. 2 NAME DES AR: DIGITALIS-T.
ANWENDUNGSWAHRSCHEINLICHKEIT: 100 PROZENT
MAXIMALE ABWEICHUNG DER BEHANDLUNG VOM MITTELWERT: 0 ME

BHT:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
BH:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	40	40	40	40
BHT:	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
BH:	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
BHT:	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
BH:	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40

BH MIT AR NR. 3 NAME DES AR: ANTIKOAG.-A.
ANWENDUNGSWAHRSCHEINLICHKEIT: 80 PROZENT
MAXIMALE ABWEICHUNG DER BEHANDLUNG VOM MITTELWERT: 0 ME

BHT:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
BH:	0	40	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BHT:	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
BH:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BHT:	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
BH:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

BH MIT AR NR. 4 NAME DES AR: ANTIKOAG.-T.
ANWENDUNGSWAHRSCHEINLICHKEIT: 80 PROZENT
MAXIMALE ABWEICHUNG DER BEHANDLUNG VOM MITTELWERT: 2 ME

BHT:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
BH:	0	0	15	13	10	7	4	4	4	4	4	4	4	4	4
BHT:	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
BH:	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

BHT:	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
BH:	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

BH MIT AR NR. 5 NAME DES AR: PLASMA-EXPA.
ANWENDUNGSWAHRSCHEINLICHKEIT: 100 PROZENT
MAXIMALE ABWEICHUNG DER BEHANDLUNG VOM MITTELWERT: 150 ME

BHT:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
BH:	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	0	0	0	0	0
BHT:	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
BH:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BHT:	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
BH:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

BH MIT AR NR. 6 NAME DES AR: ANTIBIOT.-A.
ANWENDUNGSWAHRSCHEINLICHKEIT: 50 PROZENT
MAXIMALE ABWEICHUNG DER BEHANDLUNG VOM MITTELWERT: 3 ME

BHT:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
BH:	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	0	0	0	0	0
BHT:	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
BH:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BHT:	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
BH:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

BH MIT AR NR. 7 NAME DES AR: ANTIBIOT.-T.
ANWENDUNGSWAHRSCHEINLICHKEIT: 50 PROZENT
MAXIMALE ABWEICHUNG DER BEHANDLUNG VOM MITTELWERT: 0 ME

BHT:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
BH:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	3	3	3	3
BHT:	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
BH:	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BHT:	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
BH:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

BH MIT AR NR. 8 NAME DES AR: DIURETIKA-A.
ANWENDUNGSWAHRSCHEINLICHKEIT: 100 PROZENT
MAXIMALE ABWEICHUNG DER BEHANDLUNG VOM MITTELWERT: 110 ME

BHT:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
BH:	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	0	0	0	0	0
BHT:	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
BH:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BHT:	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
BH:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

BH MIT AR NR. 9 NAME DES AR: DIURETIKA-T.
ANWENDUNGSWAHRSCHEINLICHKEIT: 100 PROZENT
MAXIMALE ABWEICHUNG DER BEHANDLUNG VOM MITTELWERT: 0 ME

BHT:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
BH:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100
BHT:	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
BH:	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
BHT:	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
BH:	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

BH MIT AR NR. 10 NAME DES AR: CORTISON-A.
ANWENDUNGSWAHRSCHEINLICHKEIT: 75 PROZENT
MAXIMALE ABWEICHUNG DER BEHANDLUNG VOM MITTELWERT: 900 ME

BHT:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
BH:	900	900	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

BHT:	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
BH:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

BHT:	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
BH:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

BH MIT AR NR. 11 NAME DES AR: CORTISON-T.
ANWENDUNGSWAHRSCHEINLICHKEIT: 100 PROZENT
MAXIMALE ABWEICHUNG DER BEHANDLUNG VOM MITTELWERT: 5 ME

BHT:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
BH:	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	0	0	0	0	0

BHT:	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
BH:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

BHT:	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
BH:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

BH MIT AR NR. 12 NAME DES AR: SEDATIVA
ANWENDUNGSWAHRSCHEINLICHKEIT: 100 PROZENT
MAXIMALE ABWEICHUNG DER BEHANDLUNG VOM MITTELWERT: 7 ME

BHT:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
BH:	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

BHT:	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
BH:	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

BHT:	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
BH:	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

SONDERBEHANDLUNG DER KRANKHEIT

BH MIT AR NR. 13 NAME DES AR: ANTIK.-GA
ANWENDUNGSWAHRSCHEINLICHKEIT: 50 PROZENT
MAXIMALE ABWEICHUNG DER BEHANDLUNG VOM MITTELWERT: 0 ME
LAENGE DER BEHANDLUNGSINTERVALLE: 1 STUNDEN

BHT:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
BH:	30	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

BHT:	16
BH:	10

SONSTIGE DATEN DES MODELLS

DER SIMULATIONSZEITRAUM BETRAEGT 15 JAHRE
BESTELLKOSTENSATZ: 10.00 DM
ZINSSATZ PRO JAHR ZUR BERECHNUNG
DER KAPITALBINDUNGSKOSTEN: 9.00 PROZENT
FIXE KOSTEN EINER EILBESTELLUNG: 10.00 DM
VERTEUERUNG BEI EINER EILBESTELLUNG: 75.0 PROZENT
LIEFERFRIST: 1 TAGE

Das Simulationsmodell erfaßt alle wesentlichen Arzneimittel, die zur Behandlung eines Herzinfarktes gebraucht werden.

Erläuterungen zu den Präparatdaten:

Die Größe und Preise der Klinikpackungen der Präparate sind in Anlehnung an das Angebot auf dem Arzneimittelmarkt festgelegt worden[1]. Die Namen der Präparate sind erfunden. Die Namen verschiedener Präparate unterscheiden sich nur durch angefügte Zahlen, wenn die Präparate das gleiche Arzneimittel enthalten. Beispielsweise enthalten die Präparate PLASEX1 und PLASEX2 das gleiche Arzneimittel.

Die Bestellparameter der Präparate sind nach der Vorgehensweise 1 abgeleitet worden. Bei der Ableitung wurden als Lagerhaltungskosten die Kapitalbindungskosten und als Fehlmengenkosten die durch die Verteuerung bei einer Eilbestellung verursachten Kosten angesetzt. Die Berechnung der Bestellparameter erfolgte mit Hilfe des Simulationsprogramms durch einen vorher durchgeführten Simulationslauf[2].

Erläuterungen zu den sonstigen Daten:

Der Simulationszeitraum von 15 Jahren ist so lang, daß die durch eine Simulation ermittelten Durchschnittswerte i.a. eine brauchbare Approximation der genauen Erwartungswerte sind und einen realistischen Eindruck von der Größenordnung der verschiedenen Kosten vermitteln können[3]. Die Verteuerung der Präparate bei einer Eilbestellung beträgt im Simulationsmodell 75 %. Hier ist zu berücksichtigen, daß bei einer Eilbestellung häufig keine Klinikpackungen eines Präparats bestellt werden, da die dringend benötigten Mengen meistens sehr klein sind. Der Einstandspreis eines Präparats liegt deshalb bei einer Eilbestellung i.a. erheblich höher als bei normalem Bezug des Präparats in Klinikpackungen.

---

1 Vgl. zum Angebot des Arzneimittelmarkts z.B. Die Liste Pharmindex I/74.

2 Vgl. zur Berechnung der Bestellparameter durch das Simulationsprogramm Abschnitt 3452.

3 Zur Überprüfung wurden mehrere Simulationsläufe mit unterschiedlichen Zufallszahlen ohne Änderung der Datensituation durchgeführt. Vgl. zu den Ergebnissen Anhang II.
Die statistische Genauigkeit der Ergebnisse kann durch eine Verlängerung des Simulationszeitraums verbessert werden. Hier gilt u.a. folgender Zusammenhang: Eine Vergrößerung der Genauigkeit um den Faktor 2 - d.h. eine Halbierung der mittleren Abweichung der ermittelten Durchschnittswerte von den genauen Erwartungswerten - erfordert eine Verlängerung des Simulationszeitraums auf das Vierfache. Zur Begründung dieses Zusammenhangs vgl. z.B. T. Yamane (1976), S. 183-185. Vgl. ferner D. Grimm (1973), S. 40, W. Meissner (1970), S. 389. Der Rechenaufwand erhöht sich folglich sehr stark, wenn die Genauigkeit der Ergebnisse verbessert werden

In der gegebenen Datensituation ist kein Präparatersatz vorgesehen. Die Auswirkungen eines Präparatersatzes bei Verknappungen werden im Anschluß an eine erste Diskussion von Simulationsergebnissen untersucht.

3462. Analyse der Kosten und der Verknappungshäufigkeit mit Hilfe von Simulationsergebnissen

Im folgenden sollen die in der beschriebenen Datensituation auftretenden Umsätze und Gesamtkosten der Lagerhaltung der Präparate dargestellt und analysiert werden. Die durch eine Simulation abgeleiteten Zahlen vermitteln einen realistischen Eindruck von der Größenordnung der Kosten, die bei der Arzneimittelversorgung im Krankenhaus entstehen können.

Tabelle 7 stellt die Ergebnisse eines Simulationslaufes dar, der unter Verwendung der im letzten Abschnitt angegebenen Datensituation durchgeführt worden ist. Es ergab sich durch die Behandlung der mit einem Herzinfarkt eingelieferten Patienten ein durchschnittlicher Medikamentenumsatz von ca. 170 000 DM pro Jahr[1]. Die durchschnittlichen Gesamtkosten der Lagerhaltung der Präparate des Simulationsmodells betragen in dem Beispiel etwa 2 650 DM pro Jahr[2]. Die Gesamtkosten der Lagerhaltung haben eine Größenordnung von ca. 1,6 % des Umsatzes. Eine differenzierte Betrachtung der einzelnen Präparate zeigt, daß die Umsätze, die absoluten Gesamtkosten der Lagerhaltung und das Verhältnis aus den Gesamtkosten der Lagerhaltung und den Umsätzen[3] der Präparate erheblich variieren. Die Präparate 8 und 9 des Simulationsmodells haben den höchsten jährlichen Umsatz. Die Gesamtkosten der Lagerhaltung dieser Präparate liegen bei 0,9 % des Umsatzes. Dagegen erreichen die Gesamtkosten der Lagerhaltung der Präparate mit einem niedrigen jährlichen Umsatz eine Größenordnung von über 10 % des Umsatzes. Da der durchschnittliche jährliche Umsatz pro Präparat in einer Krankenhausapotheke i.d.R. wesentlich niedriger ist als der durchschnittliche jährliche Umsatz pro Präparat im Simulationsmodell[4], sind die Gesamtkosten der Lagerhaltung

1 Vgl. die Summe der Spalte UMS in Tab. 7.

2 Vgl. die Summe der Spalte SKO in Tab. 7.

3 Vgl. die Spalten UMS und SKO in Tab. 7.

4 Im Simulationsmodell beträgt der durchschnittliche jährliche Umsatz der 22 Präparate ca. 170.000 DM, d.h. der jährliche Umsatz pro Präparat ist im Durchschnitt größer als 7.000 DM. Wenn z.B. in einer Krankenhausapotheke 1.000 Präparate geführt werden (die Anzahl der in einer Krankenhausapotheke geführten Präparate ist häufig noch größer als 1000 (vgl. z.B. M. Gebhardt (1973)) und der jährliche Medikamentenumsatz 2 Mill. DM beträgt, liegt der durchschnittliche jährliche Umsatz pro Präparat bei 2.000 DM.

S I M U L A T I O N S E R G E B N I S S E

DIE ANZAHL DER SIMULIERTEN EREIGNISSE BETRAEGT 73036
RELEVANTE BELEGUNG: IM SIMULATIONSZEITRAUM WURDEN 1239 RELEVANTE PATIENTEN EINGELIEFERT
BEI DER BEHANDLUNG DER RELEVANTEN PATIENTEN WURDEN 55283 PFLEGETAGE GELEISTET

UEBERBLICK UEBER DIE UMSAETZE UND LAGERKOSTEN DER PRAEPARATE

NR. DES PRAEP.	BEZ. DES PRAEPARATS	BESTELLTE PACKUNGEN	FMGEN (ME)	VPT (ME)	UMS (DM)	BKO (DM)	LKO (DM)	FKOF (DM)	FKOV (DM)	SKO (DM)	NOPT (KP)	NMEL (ME)
1	DIGAMP1	48	22	320.7	192.40	8.00	10.33	4.00	0.66	22.99	4	4
2	DIGAMP2	100	8	664.2	478.22	13.33	16.49	2.00	0.29	32.11	5	7
3	DIGITA1	60	10	1939.6	174.56	8.00	10.59	0.67	0.05	19.30	5	16
4	DIGITA2	114	26	3782.4	332.85	12.67	12.17	2.67	0.11	27.62	7	32
5	ANTIKAM	265	24	263.1	3419.87	35.33	49.75	7.33	15.60	108.02	5	6
6	ANTITA1	63	15	4084.6	837.34	14.00	28.29	1.33	0.15	43.77	3	36
7	ANTITA2	66	6	1040.7	237.27	10.67	10.60	1.33	0.07	22.67	5	11
8	PLASEX1	2730	26	1817.5	38166.80	130.00	193.28	2.67	27.30	353.24	14	40
9	PLASEX2	2828	4	1878.9	39457.60	134.67	194.10	1.33	4.20	334.30	15	36
10	ANTIBIOAM1	623	0	1033.7	9923.20	59.33	93.34	0.0	0.0	152.67	7	27
11	ANTIBIOAM2	1792	5	2972.0	15454.39	85.33	111.64	0.67	1.30	198.94	15	72
12	ANTIBIOTA	42	10	1392.0	2644.80	28.00	47.28	0.67	0.95	76.90	1	21
13	DIURAM1	180	33	1175.3	1410.32	24.00	28.84	4.67	1.98	59.49	5	24
14	DIURAM2	136	6	4526.2	4978.82	45.33	54.92	0.67	0.33	101.25	2	66
15	DIURATA	172	0	5722.0	7781.91	57.33	65.97	0.0	0.0	123.30	2	56
16	KORTISAM1	60	23	400.1	10203.39	40.00	141.29	6.00	29.32	216.61	1	13
17	KORTISAM2	15	60	102.5	2612.90	10.00	124.23	12.67	76.50	223.39	1	1
18	KORTISATA	102	38	3372.7	2226.00	22.67	47.05	2.67	1.25	73.63	3	39
19	SEDATIVAM1	14	16	897.7	152.60	4.67	15.22	2.67	0.14	22.69	2	7
20	SEDATIVAM2	34	0	2255.7	383.47	11.33	15.86	0.0	0.0	27.19	2	24
21	SEDATIVAM3	22	5	7172.7	860.72	14.67	27.46	1.33	0.03	43.49	1	64
22	ANTIKAM	1099	16	729.6	27724.80	104.67	227.59	2.67	30.40	365.32	7	30
				SUMME:	169653.87	874.00	1526.29	58.00	190.63	2648.92		

ERKLAERUNG DER ABKUERZUNGEN:
FMGEN - ANZAHL DER IM SIMULATIONSZEITRAUM DURCH EINE EILBESTELLUNG BESCHAFFTEN ME DES PRAEPARATS
VPT - DURCHSCHN. VERBRAUCH DES PRAEPARATS PRO JAHR
UMS - DURCHSCHN. UMSATZ DES PRAEPARATS PRO JAHR
BKO - DURCHSCHN. BESTELLKOSTEN PRO JAHR
LKO - DURCHSCHN. LAGERHALTUNGSKOSTEN PRO JAHR
FKOF - DURCHSCHN., DURCH DIE FIXEN KOSTEN DER EILBESTELLUNGEN VERURSACHTEN FEHLMENGENKOSTEN PRO JAHR
FKOV - DURCHSCHN., DURCH VERTEUERUNG VERURSACHTE FEHLMENGENKOSTEN PRO JAHR
SKO - DURCHSCHN. LAGERKOSTEN PRO JAHR, SKO = BKO + LKO + FKOF + FKOV
NOPT - BESTELLMENGE IN KLINIKPACKUNGEN, BERECHNET NACH DER VORGEHENSWEISE 1
NMEL - MELDEMENGE, BERECHNET NACH DER VORGEHENSWEISE 1

Tab. 7: Simulationsergebnisse (ohne Präparatersatz)

in Relation zum Medikamentenumsatz meistens höher als in dem simulierten Beispiel.

Ein wichtiges Kriterium für die Beurteilung der Effektivität eines Bestellsystems ist die Anzahl der auftretenden Verknappungen. Im Abschnitt 3233. ist durch theoretische Oberlegungen abgeleitet worden, wie groß die durchschnittliche Anzahl der Verknappungen im Planungszeitraum sein kann, wenn ein nach der Vorgehensweise 1 berechnetes Bestellverhalten angewendet wird[1]. Die Oberlegungen basieren auf den Prämissen der Modelle, die zur Entwicklung der Vorgehensweise 1 formuliert worden sind und die Realität stark vereinfacht abbilden. Es soll jetzt anhand der Simulationsergebnisse überprüft werden, ob die Anzahl der Verknappungen, die unter den realistischeren Prämissen der Simulationsmodelle auftreten, wesentlich die obere Grenze übertrifft, die durch theoretische Oberlegungen im Abschnitt 3233. abgeleitet worden ist.

Für ein gegebenes Präparat gelten im folgenden die nachstehenden Bezeichnungen:

I - Zinssatz pro Jahr zur Berechnung der Kapitalbindungskosten,

IF - relative Verteuerung bei einer Eilbestellung,

P - Preis des Präparats in DM pro Mengeneinheit,

cf - Fehlmengenkostensatz des Präparats in DM pro Mengeneinheit,

cl - Lagerhaltungskostensatz des Präparats in DM pro Mengeneinheit und Jahr,

L - Länge des Simulationszeitraums in Jahren,

VS - obere Grenze für die erwartete Anzahl der Verknappungen des Präparats im Simulationszeitraum nach den Oberlegungen des Abschnitts 3233.

Die Bestellparameter des Simulationsmodells sind für jedes Präparat nach der Vorgehensweise 1 abgeleitet worden[2]. Da bei der Ableitung als Lagerhaltungskosten die Kapitalbindungskosten und als Fehlmengenkosten die Verteuerung bei einer Eilbestellung angesetzt worden sind, ergibt sich für ein beliebiges Präparat des Simulationsmodells der Lagerhaltungskostensatz cl durch Multiplikation des Preises P mit dem Zinssatz I und der Fehlmengenkostensatz cf durch Multiplikation des Preises P mit der Verteuerung IF. Folglich gilt:

---

1 Vgl. die Ausführungen im Anschluß an die Formel (9) des Abschnitts 3233. (S. 77, 78).

2 Vgl. die Erläuterungen zu den Präparatdaten.

(1) $cl = P \cdot I$ und $cf = P \cdot IF$.

Im Abschnitt 3233. ist festgestellt worden, daß der folgende Zusammenhang zwischen der oberen Grenze VS für die durchschnittliche Anzahl der Verknappungen im Planungszeitraum und dem Lagerhaltungs- und Fehlmengenkostensatz besteht, wenn ein nach der Vorgehensweise 1 abgeleitetes Bestellverhalten angewendet wird[1]:

(2) $VS = L \cdot cl/cf$.

Durch Einsetzen von (1) in (2) folgt

(3) $VS = L \cdot (P \cdot I)/(P \cdot IF) = L \cdot I/IF$.

Im Simulationsmodell ist L=15 Jahre, I=0,09 pro Jahr und IF=0,75[2]. Es ergibt sich

(4) $VS = 15 \cdot 0{,}09/0{,}75 = 15 \cdot 0{,}12 = 1{,}80$,

d.h. im Simulationszeitraum können nach den Oberlegungen im Abschnitt 3233. etwa 1-2 Verknappungen pro Präparat auftreten.

Bei einer Verknappung eines Präparats wird in jedem Fall eine Eilbestellung aufgegeben. Da die Lieferfrist 1 Tag beträgt, ist u.U. auch eine zweite Eilbestellung am nächsten Tag notwendig. Folglich entstehen bei einer Verknappung mengenunabhängige Fehlmengenkosten von 10 - 20 DM, da die fixen Kosten einer Eilbestellung im Simulationsmodell 10 DM betragen. Wenn 1 - 2 Verknappungen eines Präparats im Simulationszeitraum auftreten, haben die mengenunabhängigen Fehlmengenkosten des Präparats eine Größenordnung von 10 - 40 DM. Die durchschnittlichen mengenunabhängigen Fehlmengenkosten pro Jahr betragen dann 10/15 - 40/15 DM, d.h. 0,67 - 2,67 DM, pro Präparat und 14,67 - 58,67 DM für alle 22 Präparate. Diese theoretisch abgeleitete Größenordnung der mengenunabhängigen Fehlmengenkosten wird durch die in Tabelle 7 dargestellten Simulationsergebnisse bestätigt[3]. Die dort angegebenen Zahlen überschreiten teilweise geringfügig die abgeleitete obere Grenze.

---

1 Vgl. zu (2) die Beziehung (10) im Abschnitt 3233. (S. 78).

2 Vgl. hierzu die sonstigen Daten des Simulationsmodells in der vom Computer ausgedruckten Datenliste.

3 Vgl. die Spalte FKOF in Tab. 7.

Ein Grund hierfür liegt darin, daß der Simulationszeitraum für eine genaue Ableitung der erwarteten mengenunabhängigen Fehlmengenkosten zu kurz ist[1]. Auf eine genauere Bestimmung der Fehlmengenkosten durch eine Verlängerung des Simulationszeitraums wurde verzichtet, da in diesem Zusammenhang nur die Größenordnung der Fehlmengenkosten von Interesse ist und eine Verlängerung des Simulationszeitraums zu einer entsprechend längeren Rechenzeit bei der Durchführung der Simulation auf einem Computer führt.

Insgesamt kann festgestellt werden, daß die Formel (2) zur Berechnung der Versorgungssicherheit bei einer Anwendung der Vorgehensweise 1 auch unter den Prämissen der Simulationsmodelle zu akzeptablen Ergebnissen führt.

3463. Die Auswirkungen eines Präparatersatzes und eines speziellen Bestellverhaltens

Bei der Simulation, deren Ergebnisse im letzten Abschnitt dargestellt und untersucht worden sind, war kein Präparatersatz bei Verknappungen vorgesehen. Da in den Krankenhausapotheken fehlende Präparate häufig durch andere, medizinisch gleichwertige Präparate ersetzt werden, sollen die Konsequenzen, die sich aus diesem Verhalten ergeben, im folgenden kurz durch eine Simulation verdeutlicht werden.

Tabelle 8 gibt im Unterschied zu Tabelle 7 die Ergebnisse eines Simulationslaufes wieder, bei dem ein Ersatz von Präparaten bei Verknappungen vorgesehen war. Die übrige Datensituation wurde nicht verändert. Es zeigt sich, daß die durchschnittlichen jährlichen Fehlmengenkosten der Präparate, für die Ersatzpräparate zur Verfügung stehen[2], stark sinken[3]. Es ist z.B. bei gegebener Möglichkeit eines Präparatersatzes nur dann eine Eilbestellung des Präparats DIGAMP1 notwendig, wenn das Präparat in der Apotheke angefordert wird, nicht in ausreichender Menge vorrätig ist und gleichzeitig das Ersatzpräparat DIGAMP2 nicht in ausreichender Menge zur Verfügung steht. Da die Fehlmengenkosten durch die Möglichkeit eines Präparatersatzes reduziert werden, ist u.U. eine Verkleinerung der Meldemengen der Präparate, für die Ersatzpräparate zur Verfügung stehen, in Betracht zu ziehen.

---

1 Vgl. hierzu die Ergebnisse weiterer Simulationsläufe im Anhang II.

2 Hierzu gehören alle Präparate, die am Ende ihres Namens eine Nummer haben wie z.B. PLAŞEX1.

3 Es sei darauf hingewiesen, daß die Senkung der Fehlmengenkosten um ca. 175 DM pro Jahr in diesem Beispiel nur relativ geringe Auswirkungen auf die Kosten der Arzneimittelversorgung hat, da die Höhe der Fehlmengenkosten in Relation zum Medikamentenumsatz (= ca. 170.000 DM pro Jahr) gering ist.

S I M U L A T I O N S E R G E B N I S S E

DIE ANZAHL DER SIMULIERTEN EREIGNISSE BETRAEGT 73037
RELEVANTE BELEGUNG: IM SIMULATIONSZEITRAUM WURDEN 1239 RELEVANTE PATIENTEN EINGELIEFERT
BEI DER BEHANDLUNG DER RELEVANTEN PATIENTEN WURDEN 55283 PFLEGETAGE GELEISTET

UEBERBLICK UEBER DIE UMSAETZE UND LAGERKOSTEN DER PRAEPARATE

NR. DES PRAEP.	BEZ. DES PRAEPARATS	BESTELLTE PACKUNGEN	FMGEN (ME)	VPT (ME)	UMS (DM)	BKO (DM)	LKO (DM)	FKOF (DM)	FKOV (DM)	SKO (DM)	NOPT (KP)	NMEL (ME)
1	DIGAMP1	48	0	320.0	192.00	8.00	10.15	0.0	0.0	18.15	4	4
2	DIGAMP2	100	0	664.5	478.46	13.33	16.39	0.0	0.0	29.73	5	7
3	DIGITA1	60	0	1939.3	174.54	8.00	10.60	0.0	0.0	18.60	5	16
4	DIGITA2	114	0	3782.7	332.87	12.67	12.17	0.0	0.0	24.84	7	32
5	ANTIKAM	265	24	263.1	3419.87	35.33	49.75	7.33	15.60	108.02	5	6
6	ANTITA1	63	0	4085.0	837.42	14.00	28.28	0.0	0.0	42.28	3	36
7	ANTITA2	64	0	1040.3	237.18	10.67	10.60	0.0	0.0	21.27	5	11
8	PLASEX1	2730	0	1815.6	38127.60	130.00	194.15	0.0	0.0	324.15	14	40
9	PLASEX2	2828	0	1880.8	39496.80	134.67	193.60	0.0	0.0	328.26	15	36
10	ANTIBIOAM1	623	0	1033.7	9923.20	59.33	94.62	0.0	0.0	153.95	7	27
11	ANTIBIOAM2	1792	0	2972.1	15454.75	85.33	111.79	0.0	0.0	197.12	15	72
12	ANTIBIOTA	42	10	1392.0	2644.80	28.00	47.28	0.67	0.95	76.90	1	21
13	DIURAM1	180	0	1171.0	1405.20	24.00	29.37	0.0	0.0	53.37	5	24
14	DIURAM2	136	0	4530.5	4983.51	45.33	54.86	0.0	0.0	100.19	2	63
15	DIURATA	172	0	5722.0	7781.91	57.33	65.97	0.0	0.0	123.30	2	55
16	KORTISAM1	64	10	425.3	10846.00	42.67	137.54	1.33	12.75	194.29	1	13
17	KORTISAM2	12	0	77.3	1970.30	8.00	94.73	0.0	0.0	102.73	1	1
18	KORTISATA	102	38	3372.7	2226.00	22.67	47.05	2.67	1.25	73.63	3	39
19	SEDATIVAM1	14	0	897.3	152.54	4.67	15.22	0.0	0.0	19.89	2	7
20	SEDATIVAM2	34	0	2256.7	383.64	11.33	15.83	0.0	0.0	27.17	2	24
21	SEDATIVAM3	22	0	7172.1	860.65	14.67	27.46	0.0	0.0	42.13	1	64
22	ANTIKAM	1099	16	729.6	27724.80	104.67	227.59	2.67	30.40	365.32	7	30
				SUMME:	169653.56	874.66	1495.01	14.67	60.95	2445.30		

ERKLAERUNG DER ABKUERZUNGEN:
FMGEN - ANZAHL DER IM SIMULATIONSZEITRAUM DURCH EINE EILBESTELLUNG BESCHAFFTEN ME DES PRAEPARATS
VPT - DURCHSCHN. VERBRAUCH DES PRAEPARATS PRO JAHR
UMS - DURCHSCHN. UMSATZ DES PRAEPARATS PRO JAHR
BKO - DURCHSCHN. BESTELLKOSTEN PRO JAHR
LKO - DURCHSCHN. LAGERHALTUNGSKOSTEN PRO JAHR
FKOF - DURCHSCHN., DURCH DIE FIXEN KOSTEN DER EILBESTELLUNGEN VERURSACHTEN FEHLMENGENKOSTEN PRO JAHR
FKOV - DURCHSCHN., DURCH VERTEUERUNG VERURSACHTE FEHLMENGENKOSTEN PRO JAHR
SKO - DURCHSCHN. LAGERKOSTEN PRO JAHR, SKO = BKO + LKO + FKOF + FKOV
NOPT - BESTELLMENGE IN KLINIKPACKUNGEN, BERECHNET NACH DER VORGEHENSWEISE 1
NMEL - MELDEMENGE, BERECHNET NACH DER VORGEHENSWEISE 1

Tab. 8: Simulationsergebnisse (mit Präparatersatz)

Abschließend sollen durch eine Simulation die Konsequenzen eines Bestellverhaltens untersucht werden, das in den Krankenhausapotheken weit verbreitet ist: Die Bestellmengen der Präparate werden häufig so bestimmt, daß der durchschnittliche Bedarf eines festen, für alle Präparate gleichen Zeitraums jeweils durch die Bestellmengen gedeckt werden kann[1].

Zur Simulation eines derartigen Bestellverhaltens wird ausgegangen von der Datensituation des Abschnitts 3461. Im Unterschied zu dieser Datensituation werden für die Präparate die nachstehenden Bestellmengen festgelegt:

Präp. Nr.:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Bestellm.: (in Klinikpackungen)	1	1	1	1	3	1	1	30	30	7	20

Präp. Nr.:	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Bestellm.: (in Klinikpackungen)	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	12

Die angegebenen Bestellmengen orientieren sich an dem durchschnittlichen Bedarf an Präparaten in zwei Monaten. Da die Präparate in Klinikpackungen eingekauft werden, ist es nicht immer möglich, die Bestellmengen so festzulegen, daß sie dem durchschnittlichen Bedarf von zwei Monaten genau entsprechen[2].

Alle übrigen Daten der im Abschnitt 3461. angegebenen Datensituation werden unverändert übernommen, d.h. es ist u.a. kein Präparatersatz bei Verknappungen vorgesehen. Tabelle 9 stellt die Ergebnisse einer Simulation des beschriebenen Bestellverhaltens dar. Die durchschnittlichen jährlichen Gesamtkosten der Lagerhaltung aller Präparate sind in Tabelle 9 um über 400 DM oder um mehr als 15 % höher als in Tabelle 7[3]. Die Kostensteigerung hat fol-

---

1 Vgl. S. 39, Anm. 2.

2 Eine Klinikpackung des Präparats SEDATIVAM1 deckt z.B. den durchschnittlichen Bedarf an diesem Präparat für mehr als ein Jahr: Den Simulationsergebnissen in Tab. 7 kann entnommen werden, daß der durchschnittliche Verbrauch des Präparats bei ca. 900 ME pro Jahr liegt (vgl. die Spalte VPT in Tab. 7). Nach den im Abschnitt 3461. angegebenen Präparatdaten enthält eine Klinikpackung des Präparats SEDATIVAM1 1000 ME. Da wenigstens eine Klinikpackung bestellt wird, kann in diesem Fall die Bestellmenge nicht an den durchschnittlichen Bedarf von zwei Monaten angepaßt werden.

3 Vgl. die Summe der Spalte SKO in den Tab. 7 und 9. In Relation zum Medikamentenumsatz beträgt die Kostensteigerung ca. 0,27 %.

S I M U L A T I O N S E R G E B N I S S E

DIE ANZAHL DER SIMULIERTEN EREIGNISSE BETRAEGT 73246
RELEVANTE BELEGUNG: IM SIMULATIONSZEITRAUM WURDEN 1239 RELEVANTE PATIENTEN EINGELIEFERT
BEI DER BEHANDLUNG DER RELEVANTEN PATIENTEN WURDEN 55283 PFLEGETAGE GELEISTET

UEBERBLICK UEBER DIE UMSAETZE UND LAGERKOSTEN DER PRAEPARATE

NR. DES PRAEP.	BEZ. DES PRAEPARATS	BESTELLTE PACKUNGEN	FMGEN (ME)	VPT (ME)	UMS (DM)	BKO (DM)	LKO (DM)	FKOF (DM)	FKOV (DM)	SKO (DM)	NOPT (KP)	NMEL (ME)
1	DIGAMP1	48	66	320.7	192.40	32.00	2.91	14.00	1.98	50.89	4	4
2	DIGAMP2	100	33	664.2	478.22	66.67	3.41	10.67	1.19	81.93	5	7
3	DIGITA1	59	58	1939.6	174.56	39.33	2.16	8.00	0.26	49.76	5	16
4	DIGITA2	114	68	3782.4	332.85	76.00	2.17	7.33	0.30	85.80	7	32
5	ANTIKAM	264	8	263.1	3419.87	58.67	31.88	2.67	5.20	98.41	5	6
6	ANTITA1	62	17	4084.6	837.34	41.33	9.56	4.00	0.17	55.07	3	36
7	ANTITA2	63	77	1040.7	237.27	42.00	2.71	12.00	0.88	57.59	5	11
8	PLASEX1	2730	0	1817.5	38166.80	60.67	358.16	0.0	0.0	418.83	14	40
9	PLASEX2	2820	0	1878.9	39457.60	62.67	343.34	0.0	0.0	406.00	15	36
10	ANTIBIOAM1	623	0	1033.7	9923.20	59.33	93.34	0.0	0.0	152.67	7	27
11	ANTIBIOAM2	1800	11	2972.0	15454.39	60.00	149.44	1.33	2.86	213.63	15	72
12	ANTIBIOTA	42	10	1392.0	2644.80	28.00	47.28	0.67	0.95	76.90	1	21
13	DIURAM1	176	93	1175.3	1410.32	58.67	13.11	9.33	5.58	86.69	5	24
14	DIURAM2	136	6	4526.2	4978.82	45.33	54.92	0.67	0.33	101.25	2	66
15	DIURATA	172	0	5722.0	7781.91	57.33	65.97	0.0	0.0	123.30	2	56
16	KORTISAM1	60	23	400.1	10203.39	40.00	141.29	6.00	29.32	216.61	1	13
17	KORTISAM2	15	60	102.5	2612.90	10.00	124.23	12.67	76.50	223.39	1	1
18	KORTISATA	102	38	3372.7	2226.00	68.00	16.37	4.00	1.25	89.62	3	39
19	SEDATIVAM1	14	34	897.7	152.60	9.33	7.46	6.00	0.29	23.08	2	7
20	SEDATIVAM2	34	12	2255.7	383.47	22.67	7.99	1.33	0.10	32.09	2	24
21	SEDATIVAM3	22	5	7172.7	860.72	14.67	27.46	1.33	0.03	43.49	1	64
22	ANTIKAM	1104	24	729.6	27724.80	61.33	304.31	1.33	45.60	412.57	7	30
				SUMME:	169653.87	1014.00	1809.48	103.33	172.80	3099.61		

ERKLAERUNG DER ABKUERZUNGEN:
FMGEN - ANZAHL DER IN SIMULATIONSZEITRAUM DURCH EINE EILBESTELLUNG BESCHAFFTEN ME DES PRAEPARATS
VPT - DURCHSCHN. VERBRAUCH DES PRAEPARATS PRO JAHR
UMS - DURCHSCHN. UMSATZ DES PRAEPARATS PRO JAHR
BKO - DURCHSCHN. BESTELLKOSTEN PRO JAHR
LKO - DURCHSCHN. LAGERHALTUNGSKOSTEN PRO JAHR
FKOF - DURCHSCHN.. DURCH DIE FIXEN KOSTEN DER EILBESTELLUNGEN VERURSACHTEN FEHLMENGENKOSTEN PRO JAHR
FKOV - DURCHSCHN.. DURCH VERTEUERUNG VERURSACHTE FEHLMENGENKOSTEN PRO JAHR
SKO - DURCHSCHN. LAGERKOSTEN PRO JAHR. SKO = BKO + LKO + FKOF + FKOV
NOPT - BESTELLMENGE IN KLINIKPACKUNGEN, BERECHNET NACH DER VORGEHENSWEISE 1
NMEL - MELDEMENGE, BERECHNET NACH DER VORGEHENSWEISE 1

Tab. 9: Simulationsergebnisse (spezielles Bestellverhalten)

gende Ursachen: Die durchschnittlichen Lagerhaltungskosten pro Jahr sind in Tabelle 9 um über 250 DM höher als in Tabelle 7, da die Bestellmengen der Präparate mit einem hohen jährlichen Umsatz - wie z.B. PLASEX 1 und PLASEX2 - zu groß sind. Die durchschnittlichen Bestellkosten pro Jahr liegen in Tabelle 9 um mehr als 100 DM höher als in Tabelle 7, da die Bestellmengen der zahlreichen Präparate mit einem niedrigen jährlichen Umsatz - wie z.B. die Präparate 1 - 7 - zu klein sind und diese deshalb häufig nachbestellt werden müssen. Aus dem gleichen Grunde ergeben sich für die Präparate mit einem niedrigen Umsatz höhere durchschnittliche Fehlmengenkosten: Da die Präparate häufiger nachbestellt werden müssen, ist die Wahrscheinlichkeit größer, daß Verknappungen auftreten.

Die Ergebnisse machen deutlich, daß es nicht sinnvoll ist, die Bestellmengen der Präparate so festzulegen, daß der durchschnittliche Bedarf eines gegebenen, für *alle Präparate gleichen* Zeitraums durch die Bestellmenge gedeckt werden kann[1]. Der Grund für die Unwirtschaftlichkeit dieses Bestellverhaltens liegt darin, daß die Umsätze der Präparate zu unterschiedlich sind. Ein ähnliches Bestellverhalten führt deshalb eher zu brauchbaren Ergebnissen, wenn die Präparate nach ihrem Umsatz in Gruppen eingeteilt werden und der Zeitraum, dessen Bedarf im Durchschnitt durch die Bestellmengen gedeckt wird, nicht mehr für alle Präparate gleich lang ist, sondern für Präparate in verschiedenen Gruppen eine unterschiedliche Länge hat[2].

Im Abschnitt 4223. wird anhand weiterer Simulationsergebnisse gezeigt, wie Auswirkungen von Maßnahmen im Rahmen der Medikamenteneinsatzplanung durch eine Simulation untersucht werden können.

347. Der wirtschaftliche Einsatz der Simulation als Planungshilfe

Die Erläuterungen und Beispiele des letzten Abschnitts zeigen, daß die Simulation als Hilfsmittel bei der Planung der Arzneimittelversorgung im Krankenhaus eingesetzt werden kann. Die Entwicklung eines Computerprogramms zur Simulation der Arzneimittelversorgung und die Durchführung von Simulationen auf einem Computer sind jedoch mit erheblichen Kosten verbunden. Es sollen deshalb im folgenden Möglichkeiten für einen wirtschaftlichen Einsatz der Simulation als Planungshilfe diskutiert werden.

---

1 Vgl. auch G. Hadley, T.M. Whitin (1963), S. 432.

2 Vgl. auch die Ausführungen zur ABC-Analyse im Abschnitt 33. Vgl. ferner E.J. Rooke-Matthews (1969), S. 193.

a) Beschränkung der Simulation auf wichtige Teilbereiche der Arzneimittelversorgung

Es ist weder notwendig noch sinnvoll, in einem Simulationsmodell alle Krankheiten, Arzneimittel und Präparate eines Arzneimittelversorgungssystems zu berücksichtigen. Nach den Simulationsergebnissen des letzten Abschnitts sind z.B. die Umsätze und Gesamtkosten der Lagerhaltung vieler Präparate so niedrig, daß auf eine genaue Analyse der Lagerhaltung dieser Präparate mit Hilfe der Simulation verzichtet werden kann[1]. Das Simulationsmodell des letzten Abschnitts erfaßt u.a. auch Präparate mit geringen Umsätzen, um die Unterschiede in den Gesamtkosten der Lagerhaltung und Umsätzen verschiedener Präparate zu verdeutlichen. Bei einem Einsatz der Simulation als Planungshilfe sollte das Simulationsmodell dagegen nur die Präparate, Arzneimittel und Krankheiten berücksichtigen, die im Hinblick auf eine wirtschaftliche Arzneimittelversorgung eine große Bedeutung haben. Wenn die Anzahl der Präparate, Arzneimittel und Krankheiten des Simulationsmodells reduziert wird, sinken auch die Simulationskosten, da bei der Durchführung der Simulation auf einem Computer weniger Rechenzeit verbraucht wird.

b) Erweiterungen des entwickelten Simulationsprogramms

Das entwickelte Simulationsprogramm reicht aus für die Untersuchungen, die in dieser Arbeit angestellt werden[2]. Für einen Einsatz der Simulation als Planungshilfe im Krankenhaus sind jedoch Erweiterungen des Simulationsprogramms und damit auch der Simulationsmodelle, auf die das Programm anwendbar ist, in Betracht zu ziehen.

Die Simulationsmodelle dieser Arbeit gehen z.B. davon aus, daß täglich eine Arzneimittelausgabe stattfindet. In einem Krankenhaus ist dagegen der Zeitraum zwischen zwei Arzneimittelausgaben häufig länger als ein Tag. Die Modelle vernachlässigen ferner die Arzneimittelschränke auf den Stationen. Durch Erweiterungen der Simulationsmodelle ist es möglich, die realen Zusammenhänge bei der Arzneimittelversorgung in einem Krankenhaus vollständiger und genauer zu erfassen.

---

1 Vgl. auch die Ausführungen zur ABC-Analyse im Abschnitt 33.

2 Vgl. auch Abschnitt 342.

Schließlich sollte bei einem Einsatz der Simulation als Planungshilfe berücksichtig werden, daß die Arzneimittelversorgung ein Teil des gesamten Betriebsablaufes im Krankenhaus ist. Bei der Simulation der Arzneimittelversorgung im letzten Abschnitt ergaben sich nebenbei Informationen über die Belegung des Krankenhauses[1]. Durch einfache Erweiterungen der Simulationsmodelle können z.B. Ergebnisse über die Auslastung der Intensivstation, der Operationssäle, des Labors usw. abgeleitet und als Grundlage bei der Planung eines neuen Krankenhauses verwendet werden.

c) Flexible Konzeption des Simulationsprogramms

Die hohen Entwicklungskosten eines Simulationsprogramms fallen nicht so stark ins Gewicht, wenn das gleiche Programm in verschiedenen Krankenhäusern eingesetzt werden kann. Ein Simulationsprogramm sollte deshalb so aufgebaut sein, daß es auf unterschiedliche Problemstellungen anwendbar ist[2]. Eine ausreichende Flexibilität des Programms liegt vor, wenn die wichtigsten Merkmale des zu simulierenden Systems, die in verschiedenen Krankenhäusern unterschiedlich sein können, zur Simulation über Datenkarten in den Computern eingegeben werden[3].

Insgesamt kann festgestellt werden, daß es für einen effektiven Einsatz der Simulation als Planungshilfe in einem Krankenhaus notwendig ist, umfassende Simulationsmodelle zu formulieren, die möglichst viele Zusammenhänge eines Krankenhauses abbilden, und ein flexibles Simulationsprogramm zu entwickeln, das bei unterschiedlichen Datensituationen angewendet werden kann. Die Simulationsergebnisse sind dann eine Hilfe für die Planung der Arzneimittelversorgung und insbesondere auch für die langfristige Planung neuer Krankenhäuser[4].

---

1 Vgl. die Tab. 7, 8 und 9 im letzten Abschnitt.

2 Die mit der Konstruktion eines Simulationsmodells und der Entwicklung eines Simulationsprogramms verbundenen Kosten sind meistens wesentlich höher als die Kosten, die bei der Durchführung von Simulationen auf einem Computer anfallen. Vgl. S. Harbordt (1974), S. 70. Die Vielfalt der Einsatzmöglichkeiten eines Simulationsprogramms ist deshalb von entscheidender Bedeutung für eine wirtschaftliche Verwendung der Simulation als Planungshilfe.

3 Vgl. auch die Ausführungen zur Entwicklung des Simulationsprogramms im Abschnitt 343.

4 Da die mit einer Simulation verbundenen Kosten und die durch die Verbesserung der Planung mögliche Kostensenkung von der speziellen Situation in einem Krankenhaus abhängen, kann letztlich nur in einem konkreten Einzelfall entschieden werden, ob der Einsatz der Simulation als Planungshilfe wirtschaftlich ist oder nicht.

4. Die Medikamenteneinsatzplanung

41. Inhalt, Ziel und Bedeutung der Medikamenteneinsatzplanung

Unter dem Begriff Medikamenteneinsatzplanung ist die Planung der folgenden Entscheidungsbereiche der Arzneimittelversorgung zusammengefaßt worden[1]:

a) Die Festlegung von Mindestanforderungen an das Versorgungsniveau,

b) die Auswahl der in der Apotheke geführten Arzneimittel,

c) die Festlegung von organisatorischen Maßnahmen zur Beschränkung des Einsatzes teurer Mittel und weiterer Maßnahmen zum wirtschaftlichen Einsatz von Arzneimitteln sowie

d) die Auswahl der Präparate, durch die der Arzneimittelbedarf gedeckt werden soll.

Die Planung der Bereiche b) und c) heißt im weiteren "Arzneimittelplanung", während die Planung des Bereichs d) "Präparatplanung" genannt wird. In engem Zusammenhang mit der Arzneimittel- und Präparatplanung steht die Festlegung von Mindestanforderungen an das Versorgungsniveau: Zusammen mit der Auswahl der in der Apotheke geführten Arzneimittel ist z.B. zu entscheiden, ob durch die Mittel eine ausreichende Versorgung sichergestellt werden kann. Im Rahmen der Präparatplanung müssen ein angemessenes Verhalten bei Verknappungen und Mindestanforderungen an die Versorgungssicherheit festgelegt werden (Abb. 18).

Nach Abbildung 4 (S. 25) wird der Bedarf an Arzneimitteln durch die therapeutischen Maßnahmen, die die Ärzte zur Behandlung eines Patienten anwenden, bestimmt. Es sei noch einmal betont, daß es nicht eine Aufgabe der Arzneimittelplanung sein kann, die Entscheidung der Ärzte vorwegzunehmen und im voraus festzulegen, welche Arzneimittel ein Patient mit einer bestimmten Krankheit in welchem Umfang erhalten soll[2]. Die Aufgabe der Arzneimittelplanung ist vielmehr darin zu sehen, durch verschiedene Maßnahmen die Ärzte bei der Behandlung von Patienten so zu beeinflussen, daß wirtschaftliche Überlegungen beim Einsatz von Arzneimitteln stärker berücksichtigt werden.

---

1 Vgl. Abschnitt 24., S. 31 unten.

2 Vgl. auch die Simulationsmodelle dieser Arbeit. Da die Behandlung einer Krankheit mit Arzneimitteln nicht exakt angegeben werden kann, ist der Einsatz der Mittel und der Umfang der Behandlung in den Simulationsmodellen zufallsabhängig.

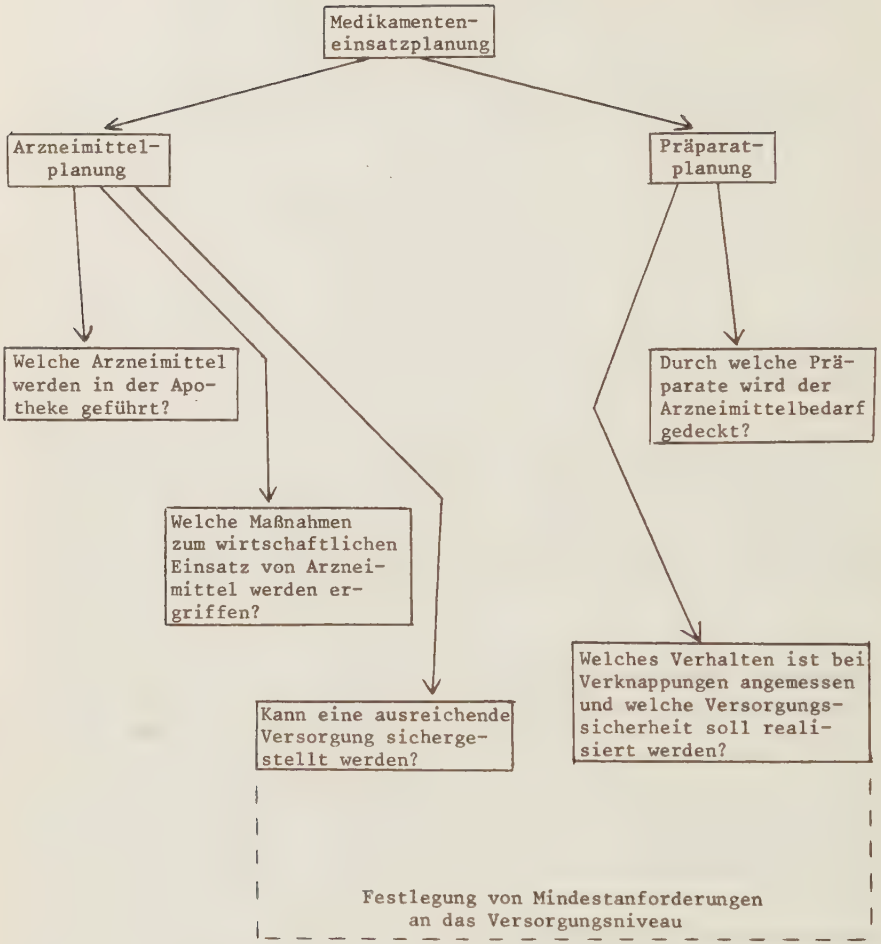


Abb. 18: Schematische Darstellung von Fragen, die im Rahmen der Medikamenteneinsatzplanung beantwortet werden müssen.

Im Gegensatz zur Arzneimittelplanung ist die Präparatplanung unproblematischer, da bei ihr medizinische Fragen nicht mehr so sehr im Vordergrund stehen. Denn i.d.R. ist es für das Niveau der medikamentösen Versorgung eines Patienten nicht relevant, von welchem Hersteller ein Arzneimittel bezogen wird. Einige Probleme bereiten in diesem Zusammenhang die Kombinationspräparate, die gleichzeitig verschiedene Arzneimittel enthalten. Oft werden von mehreren Herstellern zur Behandlung der gleichen Krankheit Kombinationspräparate angeboten, die sich in ihrer Zusammensetzung und damit in ihrer Wirkung unterscheiden. Im Bereich der Kombinationspräparate ist eine klare Trennung der Arzneimittelplanung und der Präparatplanung nicht mehr möglich. Obwohl deshalb die Arzneimittelplanung und die Präparatplanung in bestimmten Bereich nur gemeinsam durchgeführt werden können, hat die vorgenommene begriffliche Differenzierung den Vorteil, bei der folgenden theoretischen Untersuchung eine klare Darstellung der Probleme und Auswirkungen der Medikamenteneinsatzplanung zu erleichtern.

Das Ziel der Medikamenteneinsatzplanung besteht darin, eine ausreichende medikamentöse Versorgung der Patienten zu möglichst geringen Kosten sicherzustellen[1]. Es wird sich zeigen, daß eine effektive Planung des Medikamenteneinsatzes von großer Bedeutung für die Kosten der Arzneimittelversorgung ist, da sowohl der Medikamentenumsatz als auch die Gesamtkosten der Vorratshaltung durch die Arzneimittel- und Präparatplanung wesentlich beeinflußt werden können[2].

42. Der Einfluß der Medikamenteneinsatzplanung auf die Kosten der Arzneimittelversorgung

Als Grundlage für die Ableitung von Vorschlägen zur Durchführung einer effektiven Medikamenteneinsatzplanung wird im folgenden untersucht, wie die Kosten der Arzneimittelversorgung durch die Planung des Medikamenteneinsatzes beeinflußt werden können. Zunächst soll die Bedeutung der Medika-

---

1 Vgl. die Zielsetzung der Arzneimittelversorgung im Abschnitt 132.

2 Die Probleme der Medikamenteneinsatzplanung sind bisher kaum untersucht worden. Ein Aufsatz von Lübcke und Herden berichtet über Erfahrungen mit den Auswirkungen bestimmter Maßnahmen im Rahmen der Medikamenteneinsatzplanung. Vgl. P. Lübcke, H.N. Herden (1975). Es sei vermerkt, daß die Autoren den Begriff "Arzneimittelplanung" in einer umfassenderen Bedeutung verwenden als es in dieser Arbeit geschieht.

menteneinsatzplanung für den Medikamentenumsatz gezeigt werden. Es schließt sich die Analyse des Einflusses an, der durch die Medikamenteneinsatzplanung auf die Gesamtkosten der Vorratshaltung ausgeübt wird. Da dieser Einfluß von dem angewendeten Bestellverhalten abhängt, wird bei der Untersuchung auf im Abschnitt 3. abgeleitete Ergebnisse zur Lagerhaltung der Präparate zurückgegriffen.

421. Der Einfluß der Medikamenteneinsatzplanung auf den Medikamentenumsatz

Der Medikamentenumsatz hängt ab von dem Verbrauch an Präparaten und den für die Präparate zu zahlenden Preisen. Im weiteren werden bei der Analyse der Möglichkeiten, den Medikamentenumsatz durch die Medikamenteneinsatzplanung zu beeinflussen, die beiden Bereiche Arzneimittelplanung und Präparatplanung getrennt behandelt.

Durch die Arzneimittelplanung soll eine gewisse Steuerung des Arzneimittelbedarfs, der durch geeignete Präparate gedeckt wird und deshalb in unmittelbarem Zusammenhang mit dem Medikamentenumsatz steht, erreicht werden. Um den Medikamentenumsatz niedrig zu halten, muß bei der Arzneimittelplanung eine ausreichende Versorgung der Patienten mit einem möglichst geringen Einsatz möglichst preisgünstiger Arzneimittel[1] angestrebt werden. Hier stellt sich die Frage, ob ausgehend von der momentanen Situation in den Krankenhäusern überhaupt eine Senkung des Medikamentenumsatzes durch eine Reduktion oder Verlagerung des Arzneimittelbedarfs möglich ist, ohne eine ausreichende medikamentöse Versorgung der Patienten zu gefährden. Obwohl die Frage nicht allgemein beantwortet werden kann, da die Antwort u.a. von den Anforderungen abhängt, die an das Versorgungsniveau gestellt werden, muß sie doch in vielen Fällen bejaht werden. Im wesentlichen führen die folgenden Ursachen zu einer unwirtschaftlichen Anwendung von Arzneimitteln:

a) Die Einstellung der Ärzte

Viele Ärzte lehnen eine Berücksichtigung wirtschaftlicher Überlegungen ab, wenn damit eine Beeinträchtigung der medizinischen Versorgung der Patienten verbunden sein könnte. Diese Einstellung der Ärzte ist verständlich und soll deshalb hier nicht kritisiert werden, obwohl die Versorgung der

---

1 Der Preis eines Arzneimittels ergibt sich aus dem Preis des Präparats, durch das der Bedarf an dem Mittel gedeckt wird.

Patienten letztlich doch durch wirtschaftliche Zwänge begrenzt wird und finanzielle Mittel, die an einer Stelle zusätzlich ausgegeben werden, an einer anderen Stelle fehlen.

b) Mangelhafte Information der Ärzte

Häufig wissen die Ärzte nicht oder nur sehr ungenau, wie teuer die Präparate sind, die zur Deckung des Bedarfs an bestimmten Arzneimitteln eingesetzt werden.

c) Arbeitsüberlastung der Ärzte

Die in vielen Krankenhäusern bestehende Oberlastung der Ärzte kann zu einer unwirtschaftlichen Anwendung von Arzneimitteln führen, da häufig die Zeit zur Berücksichtigung wirtschaftlicher Oberlegungen fehlt.

Als Beispiel für denkbare Möglichkeiten zur Senkung des Medikamentenumsatzes durch eine Verlagerung des Arzneimittelbedarfs sei eine Anregung von Lübcke und Herden zitiert[1]: "Es ist z.B. ... nicht einzusehen, warum in der inneren Medizin zur Sedierung von herzkranken Patienten statt der modernen, aber leider sehr teuren Psychopharmaka in vielen Fällen nicht die altbewährten Medikamente auf Babituratbasis verordnet werden können".

Da verschiedene Hersteller für das gleiche Arzneimittel häufig unterschiedliche Preise verlangen, hängt die Höhe des Medikamentenumsatzes auch von der Präparatplanung ab. Die Deckung des Bedarfs an einem Arzneimittel sollte grundsätzlich durch ein möglichst preisgünstiges Präparat erfolgen[2]. Bei einem Preisvergleich sind nicht allein die in den Listen der Hersteller angegebenen Preise ausschlaggebend, sondern es müssen eventuelle Rabatte berücksichtigt werden. Da die Höhe der Rabatte, die der Apotheker mit einem Hersteller aushandeln kann, wesentlich von der Höhe des Gesamtumsatzes abhängt, den das Krankenhaus mit dem Hersteller macht, ist bei der Präparatplanung eine Konzentration auf wenige Hersteller anzustreben. Je mehr Prä-

1 P. Lübcke, H.N. Herden (1975), S. 985.

2 Wenn die Preise von zwei Präparaten, die das gleiche Arzneimittel enthalten, verglichen werden sollen, müssen sie auf die gleiche Mengeneinheit des Arzneimittels umgerechnet werden.

parate von einem Hersteller bezogen werden, desto stärker ist die Position des Apothekers beim Aushandeln der Rabatte[1].

Eine Verbesserung der Verhandlungsposition des Apothekers ergibt sich auch allein aus der Existenz einer Präparatplanung. Wenn der Vertreter einer Firma merkt, daß in einem Krankenhaus eine Präparatplanung durchgeführt wird, muß er damit rechnen, daß der Apotheker nicht ohne weiteres die von den Ärzten verordneten Präparate bestellt, sondern u.U. medizinisch äquivalente Präparate von einem anderen Hersteller billiger bezieht. Dieser Umstand wird i.a. die Bereitschaft des Vertreters bzw. des Herstellers zu Zugeständnissen z.B. in der Form erhöhter Rabatte vergrößern.

422. Der Einfluß der Medikamenteneinsatzplanung auf die Gesamtkosten der Vorratshaltung durch eine Sortimentsreduzierung

Die folgenden Ausführungen zeigen, daß neben dem Medikamentenumsatz auch die Gesamtkosten der Vorratshaltung durch die Medikamenteneinsatzplanung über eine Reduzierung der Anzahl der in der Apotheke geführten Präparate nicht unwesentlich beeinflußt werden können. Die Reduzierung der Anzahl der in der Apotheke geführten Präparate wird im weiteren auch "Sortimentsreduzierung" genannt[2].

Zunächst wird untersucht, welche Möglichkeiten zur Sortimentsreduzierung sich im Rahmen der Medikamenteneinsatzplanung bieten. Die sich anschließende Analyse der Auswirkungen einer Sortimentsreduzierung muß das verwendete Bestellverhalten berücksichtigen. Aussagen darüber, ob eine Sortimentsreduzierung zu einer Senkung der Bestellkosten oder Lagerhaltungskosten oder zu einer Vergrößerung der Versorgungssicherheit führt, können nur für ein gegebenes Bestellverhalten abgeleitet werden.

Auf die Möglichkeit, die Kosten der Arzneimittelversorgung durch eine Sortimentsreduzierung zu senken, wird von verschiedenen Autoren hingewiesen[3]. Im folgenden werden nur die Auswirkungen einer Sortimentsreduzierung

1 Dieser Effekt verstärkt sich wesentlich, wenn mehrere Krankenhäuser beim Einkauf von Präparaten kooperieren.

2 In der Wirtschaft wird unter einem Sortiment meistens der Warenkatalog verstanden, den Betriebe ihren Abnehmern anbieten. Vgl. R. Gümbel (1974), S. 1884.

3 Vgl. M. Gebhardt (1973), H.W. Hübner, H.J. Schmitt (1973), P. Lübcke, H.N. Herden (1975).

auf die Gesamtkosten der Vorratshaltung untersucht. Es ist jedoch auch denkbar, daß eine Sortimentsreduzierung zu höheren Rabatten und damit zu einer Senkung des Medikamentenumsatzes führt[1].

4221. Die Bedeutung der Kombinationspräparate für den Sortimentsumfang

Der Umfang des Sortiments in einer Krankenhausapotheke kann charakterisiert werden durch die Anzahl der in der Apotheke geführten Präparate. Diese auf den ersten Blick eindeutige Charakterisierung ist bei näherer Betrachtung nicht unproblematisch. Präparate können sich nämlich nicht nur bezüglich der Arzneimittel, die sie enthalten, und bezüglich der Hersteller, von denen sie bezogen werden, sondern auch bezüglich der Verabreichungsform unterscheiden. Wenn z.B. ein Arzneimittel von einem Hersteller in der Form einer Tablette, eines Zäpfchens oder einer Ampulle bezogen wird, handelt es sich um drei verschiedene Präparate. Diese Unterscheidung ist notwendig, da die Wirkung eines Arzneimittels je nach der Art der Verabreichung variieren kann[2].

1 Hierauf weisen z.B. alle auf der vorangehenden Seite in Anm. 3 zitierten Autoren hin. Wenn eine Sortimentsreduzierung mit einer Konzentration bei der Beschaffung auf wenige Hersteller verbunden ist, wird zweifellos die Verhandlungsposition des Apothekers beim Aushandeln der Rabatte verbessert. Ein derartiger Zusammenhang tritt jedoch nicht zwingend auf. Wenn z.B. ein Krankenhaus ein Sortiment von 1000 Präparaten, die von 30 verschiedenen Herstellern bezogen werden, auf 500 Präparate reduziert, doch diese weiterhin von 30 Herstellern bezieht, ist es fraglich, ob höhere Rabatte erzielt werden können, da der Umsatz mit den einzelnen Herstellern im Durchschnitt nicht erhöht wird. Da i.a. die Konzentration bei der Beschaffung und nicht der Umfang des Sortiments für die Höhe der Rabatte ausschlaggebend ist, dürfte eine Vernachlässigung des direkten Einflusses einer Sortimentsreduzierung auf den Medikamentenumsatz gerechtfertigt sein. Es besteht jedoch insofern eine indirekte Abhängigkeit, als durch eine Sortimentsreduzierung die Möglichkeiten für eine Konzentration der Beschaffung auf wenige Hersteller i.d.R. verbessert werden.

2 Da die Wirkung eines Arzneimittels durch die Art der Verabreichung beeinflußt wird, wäre es konsequent, die Verabreichungsform neben der chemischen Zusammensetzung als zusätzliches charakterisierendes Merkmal eines Arzneimittels aufzufassen und bei unterschiedlichen Verabreichungsformen auch von verschiedenen Arzneimitteln zu sprechen. Dies würde zum Vorgehen bei der Simulation der Arzneimittelversorgung passen, wo die Mittel in ihren verschiedenen Verabreichungsformen getrennt angegeben werden mußten. Auf einen derartigen Gebrauch des Begriffs Arzneimittel wird hier jedoch verzichtet, weil er dem üblichen Sprachgebrauch im Krankenhaus widersprechen und deshalb Verwirrung stiften würde. Auch die Differenzierung der Präparate nach der Verabreichungsform mag in einigen Fällen dem üblichen Sprachgebrauch widersprechen, doch kann bei der Charakterisierung des Sortimentsumfangs auf sie nicht verzichtet werden, da z.B. die Lagerbestände für jede Verabreichungsform getrennt kontrolliert werden müssen.

Die Entwicklung von Kombinationspräparaten durch die pharmazeutische Industrie ist ein Hauptgrund für die unübersehbare Vielfalt des Angebots auf dem Arzneimittelmarkt. Durch Kombinationspräparate wird eine medikamentöse Therapie häufig erheblich erleichtert, da sie verschiedene Arzneimittel, die zur Bekämpfung einer Krankheit geeignet sind, in einer ausgewogenen Relation enthalten. Die Entwicklung von Kombinationspräparaten wird ferner von der pharmazeutischen Industrie als Instrument zur Absatzförderung eingesetzt. Wegen der unbegrenzten Kombinationsmöglichkeiten verschiedener Arzneimittel ist es für einen Hersteller einfach, ein neues Kombinationspräparat auf den Markt zu bringen, das sich in seiner Wirkung von anderen Präparaten kaum unterscheidet, doch die Chance bietet, den Umsatz des Herstellers zu erhöhen[1].

Die Konsequenzen einer Anwendung von Kombinationspräparaten für den Sortimentsumfang in einer Krankenhausapotheke sind nicht eindeutig. In einigen Fällen kann durch den Einsatz von Kombinationspräparaten das Sortiment reduziert werden, während sich in anderen Fällen eine Erweiterung des Sortiments ergibt. Dies wird in den folgenden Beispielen deutlich.

Beispiel 1 (Reduktion):

Zur Behandlung der Krankheit KR ist eine Anwendung der drei Arzneimittel A1, A2 und A3 notwendig. In einem Krankenhaus wird der Bedarf an den Mitteln A1 bzw. A2 bzw. A3 durch die Präparate P1 bzw. P2 bzw. P3 gedeckt. Die Arzneimittel und Präparate werden nur zur Behandlung der Krankheit KR benötigt. Auf dem Arzneimittelmarkt wird ein Kombinationspräparate P angeboten, das die Mittel A1, A2 und A3 in einem auf die Behandlung der Krankheit KR abgestimmten Verhältnis enthält. In diesem Fall kann durch den Einsatz des Präparats P eine Sortimentsreduzierung erreicht werden, da dann eine Anwendung der Präparate P1, P2 und P3 nicht mehr notwendig ist.

Meistens sind die Zusammenhänge nicht so einfach wie es in dem Beispiel angenommen wurde. Denn viele Arzneimittel werden zur Behandlung verschiedener Krankheiten eingesetzt. Die sich daraus ergebenden Komplikationen verdeutlicht Beispiel 2.

---

1 Die hier praktizierte Produktdifferenzierung ist eine häufig angewendete Maßnahme im Rahmen der Absatzpolitik einer Unternehmung. Vgl. zur Produktdifferenzierung z.B. H. Jacob (1976), S. 341, E. Scheuing (1972), S. 31, 32, H. Wilhelm (1974).

Beispiel 2 (Ambivalenz):

Ausgehend von der Situation im Beispiel 1 wird jetzt angenommen, daß das Arzneimittel A1 in dem Krankenhaus zur Behandlung weiterer Krankheiten neben der Krankheit KR eingesetzt wird. Unter diesen Voraussetzungen ist ein Ersatz des Präparats P1 durch das Kombinationspräparat P problematisch. Denn wenn zur Behandlung eines Patienten nur das Mittel A1 benötigt wird, ist eine Anwendung des Kombinationspräparats P u.U. mit medizinischen und/oder wirtschaftlichen Nachteilen verbunden. Medizinische Nachteile können sich ergeben, weil ein Patient mit dem Präparat P auch dann die Arzneimittel A2 und A3 erhält, wenn sie zu seiner Behandlung überflüssig sind. Ferner ist eine Anwendung des Kombinationspräparats P zur Deckung eines Bedarfs an dem Arzneimittel A1 i.d.R. teurer als ein Einsatz des Präparats P1, da das Präparat P außer A1 noch weitere Arzneimittel enthält.

Beispiel 2 zeigt, daß zwar auch dann, wenn ein Arzneimittel zur Behandlung verschiedener Krankheiten eingesetzt wird, durch die Verwendung von Kombinationspräparaten eine Sortimentsreduzierung erzielt werden kann, daß dabei aber u.U. negative Auswirkungen auf das Versorgungsniveau und/oder den Medikamentenumsatz in Kauf genommen werden müssen.

Beispiel 3 (Erweiterung):

Im Unterschied zu den Beispielen 1 und 2 wird jetzt angenommen, daß in dem Krankenhaus 7 Kombinationspräparate, die die Arzneimittel A1, A2 und A3 in unterschiedlichen Relationen enthalten, zur Behandlung der Krankheit KR zur Verfügung stehen. In Abhängigkeit von der Konstitution eines Patienten und dem Verlauf der Genesung ist jeweils die Anwendung eines der 7 Kombinationspräparate vorteilhaft.

Beispiel 3 ist typisch für die Situation in den Krankenhausapotheken. Meistens führt eine Anwendung von Kombinationspräparaten nicht zu einer Sortimentsreduzierung, sondern bewirkt eher das Gegenteil. Im Beispiel 3 wäre auch eine Deckung des Bedarfs durch die Präparate P1, P2 und P3 an Stelle der Kombinationspräparate möglich. Ein Einsatz der Kombinationspräparate erleichtert jedoch die medikamentöse Therapie, da ein Patient mit der Krankheit KR nur ein Kombinationspräparat an Stelle der drei Präparate P1, P2 und P3 einnehmen muß. Dem Nachteil eines umfangreichen Sortiments im Beispiel 3 steht folglich der Vorteil einer vereinfachten Behandlung der Patienten gegenüber.

4222. Möglichkeiten zur Sortimentsreduzierung bei der Medikamenteneinsatzplanung

Zur Reduzierung des Sortiments in der Krankenhausapotheke kommen folgende Möglichkeiten in Frage:

a) Die Anzahl der im Krankenhaus verwendeten verschiedenen Arzneimittel wird reduziert.

b) Die Anzahl der verschiedenen Präparate, die im Krankenhaus zur Deckung des Bedarfs an einem bestimmten Arzneimittel eingesetzt werden, wird verringert.

c) Die Anzahl der im Krankenhaus verwendeten Kombinationspräparate mit gleicher oder ähnlicher Wirkung wird verringert.

d) Es wird an Stelle mehrerer Einzelpräparate ein Kombinationspräparat zur Deckung des Bedarfs an verschiedenen Arzneimitteln eingesetzt.

Die vier genannten Möglichkeiten zur Sortimentsreduzierung unterscheiden sich in ihrer Bedeutung erheblich.

Zu a):
Wenn ein Arzneimittel in einem Krankenhaus nicht mehr gebraucht wird, kann das Sortiment um die Präparate, die nur zur Deckung des Bedarfs an dem betrachteten Mittel eingesetzt wurden, verkleinert werden. Eine Verringerung der Anzahl der verwendeten Arzneimittel ist problematisch, da das Niveau der Arzneimittelversorgung beeinträchtigt werden kann. Trotzdem dürfte sie in einigen Fällen vertretbar sein. Als Beispiel kann der Bereich der Schmerzmittel angeführt werden: Die Palette der zur Bekämpfung von Schmerzen in einem Krankenhaus eingesetzten verschiedenen Arzneimittel ist häufig so umfangreich, daß eine gewisse Reduzierung der Anzahl der verwendeten Schmerzmittel ohne wesentliche Beeinträchtigung der Versorgung der Patienten möglich erscheint.

Zu b):
Dieser Punkt hat eine große Bedeutung für die Sortimentsreduzierung. Denn wenn ein im Krankenhaus verwendetes Arzneimittel gleichzeitig von verschiedenen Herstellern bezogen wird, d.h. die Deckung des Bedarfs an dem Mittel durch verschiedene Präparate erfolgt, ist eine Reduzierung des Sortiments ohne jede Beeinträchtigung der medikamentösen Versorgung der Patienten möglich.

Für einen Außenstehenden mag es erstaunlich erscheinen, daß trotzdem in einer Krankenhausapotheke häufig zahlreiche Präparate geführt werden, die das gleiche Arzneimittel enthalten. Der Grund hierfür liegt in der Kompetenzverteilung bei der Entscheidung über den Einsatz von Präparaten. Die Ärzte entscheiden bei der Behandlung von Patienten nicht nur über die Anwendung von Arzneimitteln, sondern sie legen auch fest, durch welche Präparate der Arzneimittelbedarf gedeckt wird. Da jedem Arzt andere Präparate geläufig sind, werden häufig beim Einsatz des gleichen Arzneimittels verschiedene Präparate verordnet.

Zu c):
Dieser Punkt hat für die Sortimentsreduzierung in der Krankenhausapotheke eine ähnliche Bedeutung wie der Punkt b). Bereits im letzten Abschnitt ist auf das umfangreiche, unüberschaubare Angebot auf dem Arzneimittelmarkt hingewiesen worden. Für einen Arzt ist ein vollständiger Oberblick über die genaue Wirkung der angebotenen Kombinationspräparate unmöglich. Es werden deshalb häufig in einem Krankenhaus zur Erzielung des gleichen medizinischen Effekts verschiedene Kombinationspräparate verordnet. Aus diesem Grunde ist in vielen Krankenhausapotheken theoretisch eine Reduzierung des Sortiments an Kombinationspräparaten ohne eine fühlbare Beeinträchtigung der medikamentösen Versorgung der Patienten denkbar. Es muß jedoch die folgende Schwierigkeit berücksichtigt werden: Zwei Kombinationspräparate, die vom medizinischen Standpunkt aus gesehen zur Erzielung eines bestimmten Effekts als gleichwertig betrachtet werden müssen, weisen trotzdem i.d.R. gewisse Unterschiede in ihrer Dosierung, Wirkung und in ihren Nebenwirkungen auf. Einem Arzt sind die individuellen Eigenschaften der Kombinationspräparate, die er regelmäßig verordnet, aufgrund seiner Erfahrung besonders gut bekannt. Er wird deshalb nur ungern ein anderes Kombinationspräparat, dessen Nebenwirkungen ihm z.B. nicht so geläufig sind, anwenden, auch wenn das andere Präparat zur Erzielung des gewünschten medizinischen Effekts ebenso gut geeignet ist. Da eine Reduzierung des Sortiments an Kombinationspräparaten zwangsläufig dazu führt, daß bestimmte Präparate durch andere ersetzt werden, muß bei der Durchsetzung der Reduzierung mit erheblichen Widerständen gerechnet werden[1].

---

1 Die Schwierigkeiten sind hier wesentlich größer als bei einer Reduzierung des Sortiments an Einzelpräparaten, die unter b) beschrieben worden ist. Denn wenn ein Arzneimittel von einem anderen Hersteller bezogen wird, tritt normalerweise keine Veränderung der Wirkung oder Nebenwirkungen auf, die ein Arzt bei der Anwendung des Mittels berücksichtigen muß.

Zu d):
Die Bedeutung der unter d) genannten Möglichkeit zur Sortimentsreduzierung ist begrenzt. Denn da ein Arzneimittel im Krankenhaus häufig gegen verschiedene Krankheiten eingesetzt wird, kann der Ersatz mehrerer Einzelpräparate durch ein Kombinationspräparat nach den Ausführungen des letzten Abschnitts u.U. zu einer Beeinträchtigung des Versorgungsniveaus und/oder zu einer Erhöhung des Medikamentenumsatzes führen. Im Abschnitt 423. wird untersucht, unter welchen Bedingungen am ehesten damit zu rechen ist, daß die mit einer Sortimentsreduzierung verbundene Senkung der Gesamtkosten der Vorratshaltung eine eventuelle Erhöhung des Medikamentenumsatzes kompensiert.

4223. Die Auswirkungen einer Sortimentsreduzierung auf die Gesamtkosten der Vorratshaltung

Während bisher die Möglichkeiten zur Sortimentsreduzierung in der Krankenhausapotheke diskutiert worden sind, sollen jetzt die Auswirkungen einer Sortimentsreduzierung auf die Gesamtkosten der Vorratshaltung untersucht werden. Zunächst wird der Einfluß einer Sortimentsreduzierung auf die Kosten der Datenerfassung und Datenverarbeitung und die Kosten der Arzneimittelausgabe behandelt.

Je mehr verschiedene Präparate in einer Krankenhausapotheke geführt und damit auch von den Stationen angefordert werden, umso größer ist die Arbeitsbelastung des Apothekenpersonals durch die Arzneimittelausgabe, die Kontrolle der Lagerbestände und die Ableitung von Bestellregeln für alle Präparate. Eine Sortimentsreduzierung führt deshalb i.a. zu einer Entlastung des Apothekenpersonals im Bereich der Arzneimittelausgabe und der Datenerfassung und Datenverarbeitung. Hieraus ergibt sich eine Senkung der Kosten der Arzneimittelversorgung, wenn die freiwerdende Arbeitszeit in anderen Bereichen der Arzneimittelversorgung sinnvoll eingesetzt werden kann[1] oder aufgrund der Arbeitsentlastung eine Entlassung von Personal möglich ist.

Die Auswirkungen einer Sortimentsreduzierung auf die Gesamtkosten der Lagerhaltung können nur im Zusammenhang mit dem Bestellverhalten des Apo-

1 Vgl. hierzu auch die Überlegungen zur Ableitung des Bestellkostensatzes in Abschnitt 3141.

thekers untersucht werden. Für die Analyse der Auswirkungen auf die Fehlmengenkosten ist ferner das Verhalten des Apothekers bei einer Verknappung von Bedeutung. Es wird zunächst unterstellt, daß der Apotheker von den Präparaten jeweils so viel bestellt, daß der Bedarf eines festen Zeitraums gedeckt werden kann. Das folgende, stark vereinfachende Beispiel, in dem die Meldemengen und die Fehlmengenkosten vernachlässigt werden, verdeutlicht den Einfluß, den eine Sortimentsreduzierung unter dieser Annahme auf die Bestell- und Lagerhaltungskosten ausübt.

Beispiel:

Der Bedarf an einem bestimmten Arzneimittel beträgt in einem Krankenhaus im Durchschnitt 1000 ME pro Jahr. Der Bedarf wird durch zwei Präparate P1 und P2 gedeckt. Eine Mengeneinheit eines Präparats entspricht einer Mengeneinheit des Arzneimittels. Der Verbrauch der Präparate P1 und P2 beträgt jeweils 500 ME pro Jahr. Der Apotheker bestellt, wenn die Vorräte eines Präparats aufgebraucht sind, so viel, daß durch die Bestellmenge der Bedarf eines Jahres gedeckt werden kann. Wenn das Auftreten von Fehlmengen vernachlässigt wird, beträgt in diesem Fall die Bestellmenge für beide Präparate P1 und P2 jeweils 500 ME und der durchschnittliche Lagerbestand der Präparate P1 und P2 jeweils 250 ME. Der Einstandspreis von P1 und P2 ist 5 DM/ME.

Insgesamt ergibt sich für die vorliegende Situation: Zur Deckung des Bedarfs an dem betrachteten Arzneimittel werden im Durchschnitt zwei Bestellungen pro Jahr - nämlich für jedes Präparat P1 und P2 jeweils eine - aufgegeben. Die durch die Lagerhaltung der Präparate P1 und P2 verursachte durchschnittliche Kapitalbindung beträgt $2 \cdot 250 \cdot 5$ DM = 2500 DM.

Es wird jetzt angenommen, daß als Ergebnis einer Sortimentsreduzierung der Bedarf an dem betrachteten Arzneimittel nur noch durch das Präparat P1 gedeckt wird. Der jährliche Verbrauch und die Bestellmenge von P1 betragen dann 1000 ME, der durchschnittliche Lagerbestand ist gleich 500 ME. Folglich beträgt die durchschnittliche Kapitalbindung weiterhin 2500 DM, doch muß zur Deckung des Bedarfs an dem Arzneimittel im Durchschnitt nur noch eine Bestellung pro Jahr aufgegeben werden.

Allgemein formuliert gilt der folgende Zusammenhang: Wenn in einer Krankenhausapotheke von allen Präparaten jeweils so viel bestellt wird, daß der Bedarf eines vorgegebenen Zeitraums durch die Bestellmenge gedeckt werden kann, führt eine Sortimentsreduzierung zu einer Senkung der Anzahl der Be-

stellungen, während die durchschnittliche Kapitalbindung i.a. kaum beeinflußt wird[1].

Das bisher unterstellte Bestellverhalten ist in den Krankenhausapotheken weit verbreitet[2]. Im Zusammenhang mit der ABC-Analyse ist darauf hingewiesen worden, daß ein ähnliches Bestellverhalten u.U. bei der Lagerhaltung der C-Präparate sinnvoll anwendbar ist. Für Präparate mit mittleren oder hohen Umsätzen kommt dagegen eher eine Ableitung des Bestellverhaltens nach der Vorgehensweise 1 in Betracht. Im folgenden wird durch eine Simulation der Einfluß einer Sortimentsreduzierung auf die Gesamtkosten der Lagerhaltung für den Fall untersucht, daß die Bestellregeln der Präparate nach der Vorgehensweise 1 abgeleitet werden.

Im Abschnitt 346. sind für eine gegebene Datensituation die durchschnittlichen jährlichen Gesamtkosten der Lagerhaltung verschiedener Präparate durch eine Simulation berechnet worden. In der Datensituation des Abschnitts 3461. stehen zur Deckung des Bedarfs an einem Arzneimittel zum Teil mehrere Präparate zur Verfügung. Ferner sind die Bestellparameter mit Hilfe des Simulationsprogramms nach der Vorgehensweise 1 abgeleitet worden. Es wird jetzt angenommen, daß bei einer Sortimentsreduzierung aus den Präparaten, die in der Datensituation des Abschnitts 3461. zur Deckung des Bedarfs an einem Arzneimittel zur Verfügung stehen, jeweils das preisgünstigste ausgewählt wird und zum Einsatz kommt. Alle übrigen Präparate werden aus dem Sortiment ausgeschieden. Wenn die Bestellparameter der Präparate wieder mit Hilfe des Simulationsprogramms nach der Vorgehensweise 1 abgeleitet werden, ergeben sich die auf den beiden folgenden Seiten dargestellten Präparat- und Arzneimitteldaten. Ein Vergleich mit der Datensituation des Abschnitt 3461. zeigt, daß das Sortiment von 22 auf 13 Präparate verkleinert worden ist. Die Sortimentsreduzierung habe auf die Krankheitsdaten, d.h. insbesondere auf die medikamentöse Behandlung der Krankheiten, keinen Einfluß.

---

1 Ein gewisser Einfluß der Sortimentsreduzierung auf die Kapitalbindung kann unter den gegebenen Bedingungen durch die im Beispiel vernachlässigten Meldemengen der Präparate verursacht werden. Ferner ist es denkbar, daß sich die Preise der Präparate, die vor und nach einer Sortimentsreduzierung den Bedarf an einem Arzneimittel decken, unterscheiden. Auch in diesem Fall würde durch eine Sortimentsreduzierung die Kapitalbindung beeinflußt.

2 Vgl. auch die Simulation dieses Bestellverhaltens im Abschnitt 3463.

EIN- UND AUSGABE DER DATEN DES SIMULATIONSMODELLS

****

ANZAHL DER BERUECKSICHTIGTEN KRANKHEITEN: 1
ANZAHL DER BERUECKSICHTIGTEN ARZNEIMITTEL: 13
ANZAHL DER BERUECKSICHTIGTEN PRAEPARATE: 13

DIE PRAEPARATDATEN DES MODELLS

ABKUERZUNGEN:
PR - PRAEPARAT, KP - KLINIKPACKUNG, BZ - BEZEICHNUNG,
ME - MENGENEINHEIT, KOM - KOMMENTAR

PR NR. 1 NAME DES PR: DIGAMP2 BZ DER EINHEIT: AMPULLE
KOM: DIGITALISPRAEPARAT. 1 AMPULLE ENTHAELT 0,4 MG DIGOXIN.
ANZAHL DER EINHEITEN PRO KP: 100 PREIS EINER KP: 72.00 DM
BESTELLPOLITIK: MELDEMENGE: 8 ME BESTELLMENGE: 5 KP

PR NR. 2 NAME DES PR: DIGITA1 BZ DER EINHEIT: TABLETTE
KOM: DIGITALISPRAEPARAT. 1 TABLETTE ENTHAELT 0,25 MG DIGOXIN.
ANZAHL DER EINHEITEN PRO KP: 500 PREIS EINER KP: 45.00 DM
BESTELLPOLITIK: MELDEMENGE: 44 ME BESTELLMENGE: 8 KP

PR NR. 3 NAME DES PR: ANTIKAM BZ DER EINHEIT: AMPULLE
KOM: ANTIKOAGULANTIUM. 1 AMPULLE ENTHAELT 25 000 IE HEPARIN.
ANZAHL DER EINHEITEN PRO KP: 15 PREIS EINER KP: 195.00 DM
BESTELLPOLITIK: MELDEMENGE: 6 ME BESTELLMENGE: 5 KP

PR NR. 4 NAME DES PR: ANTITA1 BZ DER EINHEIT: TABLETTE
KOM: ANTIKOAGULANTIUM. 1 TABLETTE ENTHAELT 3 MG CUMARINDERIVATE.
ANZAHL DER EINHEITEN PRO KP: 1000 PREIS EINER KP: 205.00 DM
BESTELLPOLITIK: MELDEMENGE: 43 ME BESTELLMENGE: 3 KP

PR NR. 5 NAME DES PR: PLASEX1 BZ DER EINHEIT: FLASCHE
KOM: PLASMA-EXPANDER. INHALT EINER INFUSIONSFLASCHE 500 ML.
ANZAHL DER EINHEITEN PRO KP: 10 PREIS EINER KP: 210.00 DM
BESTELLPOLITIK: MELDEMENGE: 66 ME BESTELLMENGE: 20 KP

PR NR. 6 NAME DES PR: ANTIBIOAM1 BZ DER EINHEIT: AMPULLE
KOM: BREITBANDANTIBIOTICUM. EINE AMPULLE ENTHAELT 2 G PENICILLINE.
ANZAHL DER EINHEITEN PRO KP: 25 PREIS EINER KP: 240.00 DM
BESTELLPOLITIK: MELDEMENGE: 52 ME BESTELLMENGE: 10 KP

PR NR. 7 NAME DES PR: ANTIBIOTA BZ DER EINHEIT: TABLETTE
KOM: BREITBANDANTIBIOTICUM. 1 TABLETTE ENTHAELT 1 G PENICILLINE.
ANZAHL DER EINHEITEN PRO KP: 500 PREIS EINER KP: 950.00 DM
BESTELLPOLITIK: MELDEMENGE: 18 ME BESTELLMENGE: 1 KP

PR NR. 8 NAME DES PR: DIURAM2 BZ DER EINHEIT: AMPULLE
KOM: DIURETICUM. 1 AMPULLE ENTHAELT 20 MG FREIER SAEURE.
ANZAHL DER EINHEITEN PRO KP: 500 PREIS EINER KP: 550.00 DM
BESTELLPOLITIK: MELDEMENGE: 76 ME BESTELLMENGE: 3 KP

PR NR. 9 NAME DES PR: DIURATA BZ DER EINHEIT: TABLETTE
KOM: DIURETUCUM. 1 TABLETTE ENTHAELT 50 MG SPIRONOLACTON.
ANZAHL DER EINHEITEN PRO KP: 500 PREIS EINER KP: 680.00 DM
BESTELLPOLITIK: MELDEMENGE: 56 ME BESTELLMENGE: 2 KP

PR NR. 10 NAME DES PR: KORTISAM1 BZ DER EINHEIT: AMPULLE
KOM: CORTICOID. AMPULLE MIT 250 MG.
ANZAHL DER EINHEITEN PRO KP: 100 PREIS EINER KP: 2550.00 DM
BESTELLPOLITIK: MELDEMENGE: 14 ME BESTELLMENGE: 1 KP

PR NR. 11 NAME DES PR: KORTISATA BZ DER EINHEIT: TABLETTE
KOM: CORTICOID. 1 TABLETTE ENTHAELT 4 MG PREDNISON.
ANZAHL DER EINHEITEN PRO KP: 500 PREIS EINER KP: 330.00 DM
BESTELLPOLITIK: MELDEMENGE: 38 ME BESTELLMENGE: 3 KP

PR NR. 12 NAME DES PR: SEDATIVAM3 BZ DER EINHEIT: TABLETTE
KOM: 1 TABLETTE ENTHAELT 5 MG.
ANZAHL DER EINHEITEN PRO KP: 5000 PREIS EINER KP: 600.00 DM

PR NR. 13 NAME DES PR: ANTIKAM BZ DER EINHEIT: FLASCHE
KOM: FIBRINOLYTICUM. 1 FLASCHE ENTHAELT 100 000 IE.
ANZAHL DER EINHEITEN PRO KP: 10 PREIS EINER KP: 380.00 DM
BESTELLPOLITIK: MELDEMENGE: 32 ME BESTELLMENGE: 7 KP

DIE ARZNEIMITTELDATEN DES MODELLS

ABKUERZUNGEN:
AR - ARZNEIMITTEL, PR - PRAEPARAT, ME - MENGENEINHEIT
AW - ANWENDUNGSWAHRSCHEINLICHKEIT. AMPMP - ANZAHL DER ME
DES AR PRO ME DES PR. KOM - KOMMENTAR

AR NR. 1 BZ DES AR: DIGITALIS-A. BZ DER EINHEIT: 1/100 MILLIG
KOM: CHEMISCHE SUBSTANZ: DIGOXIN.
DAS MITTEL IST IN FOLGENDEN PRAEPARATEN ENTHALTEN:
NR. DES PR: 1 NAME: DIGAMP2 AW: 100 PROZENT AMPMP: 40

AR NR. 2 BZ DES AR: DIGITALIS-T. BZ DER EINHEIT: 1/100 MILLIG
KOM: CHEMISCHE SUBSTANZ: DIGOXIN.
DAS MITTEL IST IN FOLGENDEN PRAEPARATEN ENTHALTEN:
NR. DES PR: 2 NAME: DIGITA1 AW: 100 PROZENT AMPMP: 25

AR NR. 3 BZ DES AR: ANTIKOAG.-A. BZ DER EINHEIT: 1000 IE
KOM: CHEMISCHE SUBSTANZ: HEPARIN.
DAS MITTEL IST IN FOLGENDEN PRAEPARATEN ENTHALTEN:
NR. DES PR: 3 NAME: ANTIKAM AW: 100 PROZENT AMPMP: 25

AR NR. 4 BZ DES AR: ANTIKOAG.-T. BZ DER EINHEIT: MILLIGRAMM
KOM: CHEMISCHE SUBSTANZ: CUMARINE.
DAS MITTEL IST IN FOLGENDEN PRAEPARATEN ENTHALTEN:
NR. DES PR: 4 NAME: ANTITA1 AW: 100 PROZENT AMPMP: 3

AR NR. 5 BZ DES AR: PLASMA-EXPA. BZ DER EINHEIT: 10 MILLILIT.
KOM: CHEMISCHE SUBSTANZ: VERSCHIEDENE ELEKTROLYTE.
DAS MITTEL IST IN FOLGENDEN PRAEPARATEN ENTHALTEN:
NR. DES PR: 5 NAME: PLASEX1 AW: 100 PROZENT AMPMP: 50

AR NR. 6 BZ DES AR: ANTIBIOT.-A. BZ DER EINHEIT: GRAMM
KOM: CHEMISCHE SUBSTANZ: PENICILLINE.
DAS MITTEL IST IN FOLGENDEN PRAEPARATEN ENTHALTEN:
NR. DES PR: 6 NAME: ANTIBIOAM1 AW: 100 PROZENT AMPMP: 2

AR NR. 7 BZ DES AR: ANTIBIOT.-T. BZ DER EINHEIT: GRAMM
KOM: CHEMISCHE SUBSTANZ: PENICILLINE.
DAS MITTEL IST IN FOLGENDEN PRAEPARATEN ENTHALTEN:
NR. DES PR: 7 NAME: ANTIBIOTA AW: 100 PROZENT AMPMP: 1

AR NR. 8 BZ DES AR: DIURETIKA-A. BZ DER EINHEIT: MILLIGRAMM
KOM: CHEMISCHE SUBSTANZ: FUROSEMID.
DAS MITTEL IST IN FOLGENDEN PRAEPARATEN ENTHALTEN:
NR. DES PR: 8 NAME: DIURAM2 AW: 100 PROZENT AMPMP: 20

AR NR. 9 BZ DES AR: DIURETIKA-T. BZ DER EINHEIT: MILLIGRAMM
KOM: CHEMISCHE SUBSTANZ: SPIRONOLACTON.
DAS MITTEL IST IN FOLGENDEN PRAEPARATEN ENTHALTEN:
NR. DES PR: 9 NAME: DIURATA AW: 100 PROZENT AMPMP: 50

AR NR. 10 BZ DES AR: CORTISON-A. BZ DER EINHEIT: MILLIGRAMM
KOM: CORTICOIDE. CHEMISCHE SUBSTANZ: PREDNISON.
DAS MITTEL IST IN FOLGENDEN PRAEPARATEN ENTHALTEN:
NR. DES PR: 10 NAME: KORTISAM1 AW: 100 PROZENT AMPMP: 250

AR NR. 11 BZ DES AR: CORTISON-T. BZ DER EINHEIT: MILLIGRAMM
KOM: CHEMISCHE SUBSTANZ: PREDNISON.
DAS MITTEL IST IN FOLGENDEN PRAEPARATEN ENTHALTEN:
NR. DES PR: 11 NAME: KORTISATA AW: 100 PROZENT AMPMP: 4

AR NR. 12 BZ DES AR: SEDATIVA BZ DER EINHEIT: MILLIGRAMM
KOM: BERUHIGUNGSMITTEL.
DAS MITTEL IST IN FOLGENDEN PRAEPARATEN ENTHALTEN:
NR. DES PR: 12 NAME: SEDATIVAM3 AW: 100 PROZENT AMPMP: 5

AR NR. 13 BZ DES AR: ANTIK.-GA BZ DER EINHEIT: 10 000 IE
KOM: GERINNELAUFLOESENDES MITTEL.
DAS MITTEL IST IN FOLGENDEN PRAEPARATEN ENTHALTEN:

Tabelle 10 stellt die Ergebnisse eines Simulationslaufes dar, der für das reduzierte Sortiment an Präparaten durchgeführt worden ist. Den Ergebnissen liegen die Präparat- und Arzneimitteldaten dieses Abschnitts zugrunde. Die Krankheitsdaten und sonstigen Daten des Abschnitts 3461. sind unverändert übernommen worden[1]. Ein Vergleich der Tabellen 7 (S. 167) und 10 zeigt, daß durch die Reduzierung des Sortiments von 22 auf 13 Präparate die durchschnittlichen jährlichen Gesamtkosten der Lagerhaltung von ca. 2650 DM auf unter 2000 DM, d.h. um mehr als 24 %, gesenkt werden[2]. Eine genauere Analyse der Auswirkungen der Sortimentsreduzierung ist durch eine differenzierte Betrachtung einzelner Präparate möglich. Beispielsweise enthalten die Präparate 1 und 2 der Tabelle 7 mit den Namen DIGAMP1 und DIGAMP2 das gleiche Arzneimittel. Die durchschnittlichen jährlichen Gesamtkosten der Lagerhaltung dieser Präparate betragen 22,99 DM und 32,11 DM[3], d.h. insgesamt 55,10 DM. Nach der Sortimentsreduzierung wird der Bedarf an dem Arzneimittel nur noch durch das Präparat DIGAMP2 gedeckt. Die durchschnittlichen jährlichen Kosten, die durch die Lagerhaltung von DIGAMP2 verursacht werden, liegen nach der Sortimentsreduzierung bei 36 DM[4] und damit erheblich niedriger als 55,10 DM.

Der durchgeführte Vergleich der Tabellen 7 und 10 reicht für eine vollständige Beschreibung der Auswirkungen einer Sortimentsreduzierung nicht aus, da bei der Simulation, deren Ergebnisse Tabelle 7 wiedergibt, kein Präparatersatz bei Verknappungen vorgesehen war. Wenn berücksichtigt wird, daß bei Verknappungen eventuell ein Präparatersatz möglich ist, muß bei einer Sortimentsreduzierung mit negativen Auswirkungen auf die Versorgungssicherheit und/oder die Fehlmengenkosten gerechnet werden, da eine Reduktion des Sortiments die Möglichkeiten für einen Präparatersatz bei Verknappung einschränkt. Diese Überlegung wird durch einen Vergleich der Tabellen 8 (S. 171) und 10 bestätigt: Die durchschnittlichen jährlichen

1 Bei der Simulation, deren Ergebnisse in Tab. 10 dargestellt sind, war kein Präparatersatz bei Verknappungen vorgesehen. Da in der Datensituation dieses Abschnitts jeweils nur ein Präparat zur Deckung des Bedarfs an einem Arzneimittel zur Verfügung steht, ist es nicht sinnvoll, bei Verknappungen einen Präparatersatz vorzusehen, da keine Ersatzpräparate vorhanden sind.

2 Vgl. die Summe der Spalte SKO in den Tab. 7 und 10.

3 Vgl. die Spalte SKO in Tab. 7.

4 Vgl. die Spalte SKO in Tab. 10.

S I M U L A T I O N S E R G E B N I S S E

DIE ANZAHL DER SIMULIERTEN EREIGNISSE BETRAEGT 72769
RELEVANTE BELEGUNG: IM SIMULATIONSZEITRAUM WURDEN 1239 RELEVANTE PATIENTEN EINGELIEFERT
BEI DER BEHANDLUNG DER RELEVANTEN PATIENTEN WURDEN 55283 PFLEGETAGE GELEISTET

UEBERBLICK UEBER DIE UMSAETZE UND LAGERKOSTEN DER PRAEPARATE

NR. DES PRAEP.	BEZ. DES PRAEPARATS	BESTELLTE PACKUNGEN	FMGEN (ME)	VPT (ME)	UMS (DM)	BKO (DM)	LKO (DM)	FKOF (DM)	FKOV (DM)	SKO (DM)	NOPT (KP)	NMEL (ME)
1	DIGAMP2	125	5	824.5	593.66	16.67	16.67	2.67	0.18	36.18	6	9
2	DIGITA1	176	0	5722.0	514.98	14.67	16.49	0.0	0.0	31.15	8	48
3	ANTIKAM	265	24	263.1	3419.87	35.33	49.75	7.33	15.60	108.02	5	6
4	ANTITA1	78	0	5125.3	1050.68	17.33	28.66	0.0	0.0	46.00	3	44
5	PLASEX1	5560	0	3696.4	77624.37	185.33	292.63	0.0	0.0	477.96	20	58
6	ANTIBIOAM1	1560	0	2590.1	24865.28	104.00	145.38	0.0	0.0	249.38	10	52
7	ANTIBIOTA	42	10	1392.0	2644.80	28.00	47.28	0.67	0.95	76.90	1	21
8	DIURAM2	174	2	5701.5	6271.61	38.67	79.94	0.67	0.11	119.38	3	74
9	DIURATA	172	0	5722.0	7781.91	57.33	66.13	0.0	0.0	123.46	2	56
10	KORTISAM1	76	40	502.6	12816.29	50.67	140.13	4.67	51.00	246.46	1	14
11	KORTISATA	102	10	3372.7	2226.00	22.67	46.98	1.33	0.33	71.31	3	39
12	SEDATIVAM3	31	0	10326.1	1239.13	20.67	27.53	0.0	0.0	48.19	1	87
13	ANTIKAM	1099	16	729.6	27724.80	104.67	217.49	2.00	30.40	354.55	7	30
				SUMME:	168773.06	696.00	1175.05	19.33	98.57	1988.95		

ERKLAERUNG DER ABKUERZUNGEN:
FMGEN - ANZAHL DER IM SIMULATIONSZEITRAUM DURCH EINE EILBESTELLUNG BESCHAFFTEN ME DES PRAEPARATS
VPT - DURCHSCHN. VERBRAUCH DES PRAEPARATS PRO JAHR
UMS - DURCHSCHN. UMSATZ DES PRAEPARATS PRO JAHR
BKO - DURCHSCHN. BESTELLKOSTEN PRO JAHR
LKO - DURCHSCHN. LAGERHALTUNGSKOSTEN PRO JAHR
FKOF - DURCHSCHN., DURCH DIE FIXEN KOSTEN DER EILBESTELLUNGEN VERURSACHTEN FEHLMENGENKOSTEN PRO JAHR
FKOV - DURCHSCHN., DURCH VERTEUERUNG VERURSACHTE FEHLMENGENKOSTEN PRO JAHR
SKO - DURCHSCHN. LAGERKOSTEN PRO JAHR, SKO = BKO + LKO + FKOF + FKOV
NOPT - BESTELLMENGE IN KLINIKPACKUNGEN, BERECHNET NACH DER VORGEHENSWEISE 1
NMEL - MELDEMENGE, BERECHNET NACH DER VORGEHENSWEISE 1

Tabelle 10: Simulationsergebnisse bei reduziertem Sortiment

Fehlmengenkosten liegen in Tabelle 10 höher als in Tabelle 8[1]. Trotzdem führt die Sortimentsreduzierung auch in diesem Fall zu einer Senkung der durchschnittlichen Gesamtkosten der Lagerhaltung und zwar von ca. 2450 DM auf unter 2000 DM pro Jahr[2], d.h. um mehr als 18 %.

Es sei darauf hingewiesen, daß der Einfluß einer Sortimentsreduzierung auf die Fehlmengenkosten und auf die Versorgungssicherheit vom Bestellverhalten des Apothekers abhängt. Wenn z.B. die Bestellparameter der Präparate grundsätzlich so festgelegt werden, daß eine vorgegebene Versorgungssicherheit realisiert wird, führt eine Sortimentsreduzierung nicht zu einer Vergrößerung oder Verringerung der Versorgungssicherheit, sondern nur zu einer Senkung der Bestell- und Lagerhaltungskosten.

In dem dargestellten Beispiel führt eine Sortimentsreduzierung von 22 auf 13 Präparate zu einer Senkung der durchschnittlichen jährlichen Gesamtkosten der Lagerhaltung um ca. 650 DM oder um mehr als 24 %, wenn kein Präparatersatz vorgesehen ist, und um ca. 450 DM oder um mehr als 18 %, wenn vor der Sortimentsreduzierung ein Präparatersatz praktiziert wird. Da in vielen Krankenhausapotheken das Sortiment nicht nur um 9, sondern um mehrere hundert Präparate ohne wesentliche Beeinträchtigung des Versorgungsniveaus reduziert werden kann[3], ist die Sortimentsreduzierung im Rahmen der Medikamenteneinsatzplanung eine wichtige Maßnahme zur Senkung der Kosten der Arzneimittelversorgung.

43. Schlußfolgerungen aus den Untersuchungsergebnissen: Das Verhalten in einem Konfliktfall

Bei der Durchführung der Medikamenteneinsatzplanung ist es kaum möglich, die Auswirkungen auf die Kosten der Arzneimittelversorgung im einzelnen genau zu berücksichtigen. Aus diesem Grunde werden im folgenden einige

1 Vgl. die Spalten FKOF und FKOV in den Tab. 8 und 10. Es muß in diesem Zusammenhang berücksichtigt werden, daß die Simulationsergebnisse nur die Größenordnung der durchschnittlichen jährlichen Fehlmengenkosten angeben, da der Simulationszeitraum für eine genaue Ableitung der Fehlmengenkosten zu kurz ist. Vgl. hierzu auch die Ausführungen im Abschnitt 3462. Zu den Schwankungen der Fehlmengenkosten bei verschiedenen Simulationsläufen mit unterschiedlichen Zufallszahlen vgl. die Simulationsergebnisse im Anhang II.

2 Vgl. die Summe der Spalte SKO in den Tab. 8 und 10.

3 In einigen Krankenhäusern ist eine Sortimentsreduzierung um mehrere hundert Präparate bereits verwirklicht worden. Vgl. hierzu Abschnitt 432.

einfache Regeln zusammengestellt, die bereits in früheren Abschnitten erwähnt worden sind und deren Beachtung zu einer wirtschaftlichen Arzneimittelversorgung beitragen kann. Anschließend wird das Vorgehen in einem Konfliktfall untersucht, der vorliegt, wenn die Befolgung einer Regel nur unter Verletzung anderer Regeln möglich ist.

a) Regeln für die Arzneimittelplanung

a1) Es ist ein sparsamer Einsatz möglichst billiger Arzneimittel anzustreben.

a2) Es sind möglichst wenig verschiedene Arzneimittel einzusetzen.

b) Regeln für die Präparatplanung

b1) Der Bedarf an Arzneimitteln muß durch möglichst billige Präparate gedeckt werden.

b2) Bei der Beschaffung der Präparate ist eine Konzentration auf wenige Hersteller anzustreben.

b3) Der Umfang des Sortiments an Präparaten in der Apotheke ist möglichst klein zu halten.

Die Bedeutung der angeführten Regeln für die Wirtschaftlichkeit der Arzneimittelversorgung im Krankenhaus ist im Grunde naheliegend und bedarf keiner weiteren Untersuchung. Bei der Anwendung der Regeln bereiten jedoch Konfliktfälle Schwierigkeiten, die im weiteren näher untersucht werden.

Die Beachtung der Regeln a1), b1) und b2) bewirkt direkt oder indirekt über eine Erhöhung der Rabatte eine Senkung des Medikamentenumsatzes. Häufig ergibt sich ein Konflikt mit den Regeln a2) und b3), deren Ziel eine Reduzierung des Sortiments ist.

Beispiel:

In einem Krankenhaus wird das Kombinationspräparat P1 zur Behandlung verschiedener Krankheiten eingesetzt. In einigen Fällen wäre an Stelle des Präparats P1 auch eine Anwendung des billigeren Präparats P2 medizinisch vertretbar. Das Präparat P2 wird jedoch nicht in der Krankenhausapotheke geführt. Unter den gegebenen Bedingungen kann durch den Einsatz des Präparats P2 der Medikamentenumsatz gesenkt werden, doch muß dabei eine Erweiterung des Sortiments und damit eine Steigerung der Gesamtkosten der Vorratshaltung in Kauf genommen werden.

Da der Medikamentenumsatz den größten Anteil an den Kosten der Arzneimittelversorgung hat, ist die Schlußfolgerung naheliegend, daß eine Reduzierung des Medikamentenumsatzes in den meisten Fällen schwererwiegend ist als eine Erhöhung der Gesamtkosten der Vorratshaltung. Eine differenzierte Betrachtung der Situation zeigt jedoch, daß diese Schlußfolgerung voreilig ist. Denn die Gesamtkosten der Vorratshaltung verschiedener Präparate haben in Relation zum Umsatz der Präparate eine sehr unterschiedliche Bedeutung. Bereits bei der Besprechung der Simulationsergebnisse im Abschnitt 3462. ist festgestellt worden, daß die Gesamtkosten der Lagerhaltung der Präparate mit einem niedrigen jährlichen Umsatz eine Größenordnung von über 10 % des Umsatzes erreichen können, während die Gesamtkosten der Lagerhaltung der Präparate mit einem hohen jährlichen Umsatz kleiner als 1 % des Umsatzes sind. Folglich haben die Gesamtkosten der Lagerhaltung eines Präparats in Relation zum Umsatz eine umso größere Bedeutung, je niedriger der Umsatz des Präparats ist[1]. Dieser Zusammenhang gilt auch

---

1 Dieser Zusammenhang kann durch allgemeine Überlegungen bestätigt werden, wenn ein nach der Vorgehensweise 1 abgeleitetes Bestellverhalten bei der Lagerhaltung eines Präparats angewendet wird. Für die erwarteten Gesamtkosten der Lagerhaltung des Planungszeitraums ($\bar{K}$) gilt in diesem Fall die Approximation $\bar{K} = (XK + XQ/2) \cdot c1 \cdot L + cb \cdot L \cdot \bar{B}/XQ$ (vgl. Abschnitt 3232., S. 71 , Formel (8)). XQ wird durch Runden aus $R_{min} = \sqrt{2 \cdot \bar{B} \cdot cb/c1}$ (vgl. Abschnitt 3232., S. 72 , Formel (12)) abgeleitet. Bei einer Vernachlässigung der Meldemenge XK ergibt sich durch Ersetzung von XQ durch R_{min} die Gleichung
$\bar{K} = \sqrt{2 \cdot \bar{B} \cdot cb/c1} \cdot c1 \cdot L/2 + cb \cdot L \cdot \bar{B} / \sqrt{2 \cdot \bar{B} \cdot cb/c1} = \sqrt{2 \cdot \bar{B} \cdot cb \cdot c1} \cdot L.$
Es sei P der Preis des Präparats und $V = \bar{B} \cdot P$ der durchschnittliche Umsatz des Präparats pro Periode. Dann ist $V \cdot L$ der erwartete Umsatz des Präparats im Planungszeitraum und $QV = \bar{K}/(V \cdot L)$ der Quotient aus den erwarteten Gesamtkosten der Lagerhaltung und dem erwarteten Umsatz des Präparats. Wenn I den Zinssatz zur Berechnung der Kapitalbindungskosten bezeichnet, gilt $c1 = P \cdot I$. Insgesamt ergibt sich
$QV = \bar{K}/(V \cdot L) = \sqrt{2 \cdot \bar{B} \cdot cb \cdot P \cdot I} \cdot L/(V \cdot L) = \sqrt{2 \cdot cb \cdot I \cdot \bar{B} \cdot P/V^2} = \sqrt{2 \cdot cb \cdot I/V}$.
Die Gleichung zeigt, daß der Quotient QV aus den erwarteten Gesamtkosten der Lagerhaltung und dem erwarteten Umsatz umso kleiner wird, je größer der durchschnittliche Umsatz V des Präparats pro Periode ist.

dann, wenn an Stelle der Gesamtkosten der Lagerhaltung die Gesamtkosten der Vorratshaltung in ihrer relativen Bedeutung betrachtet werden, da die Kosten der Datenerfassung und Datenverarbeitung und der Ausgabe eines Präparats weitgehend vom Umsatz eines Präparats unabhängig sind[1].

Die angestellten Überlegungen lassen die folgenden für die Durchführung der Medikamenteneinsatzplanung in einem Konfliktfall wichtigen Schlußfolgerungen zu:

1) Bei der Medikamenteneinsatzplanung im Bereich der Präparate mit einem hohen jährlichen Umsatz ist in einem Konfliktfall eine Reduktion des Medikamentenumsatzes i.a. weitaus wichtiger als eine Senkung der Gesamtkosten der Vorratshaltung durch eine Sortimentsreduzierung. Denn die Bedeutung der Gesamtkosten der Vorratshaltung in Relation zum Umsatz ist bei diesen Präparaten gering.

2) Da die Gesamtkosten der Vorratshaltung in Relation zum Umsatz bei den Präparaten mit einem niedrigen Umsatz eine große Bedeutung haben, kommt bei der Medikamenteneinsatzplanung für diese Präparate auch dann eine Sortimentsreduzierung in Frage, wenn sie mit einer Erhöhung des Medikamentenumsatzes verbunden ist. Das heißt konkret, daß z.B. eine Reduktion des Sortiments um ein Präparat, das nur ein- oder zweimal im Jahr verordnet wird, auch dann vorteilhaft sein kann, wenn das Präparat durch ein teureres, in der Apotheke geführtes Kombinationspräparat ersetzt werden muß und der Medikamentenumsatz damit erhöht wird[2].

---

1 Es ist einsichtig, daß die Kosten, die mit der Ableitung einer Bestellpolitik, den Lagerbestandskontrollen und der Ausgabe eines Präparats verbunden sind, i.a. vom Umsatz der Präparate kaum abhängen. Eine Haupteinflußgröße für diese Kosten ist dagegen der Umfang des Sortiments an Präparaten. Vgl. hierzu auch den Abschnitt 4223.

2 Gebhardt weist darauf hin, daß bei den selten verordneten Präparaten ein Ansatzpunkt für eine Sortimentsreduzierung besteht. Vgl. M. Gebhardt (1973), S. 9. In dem Aufsatz wird als häufiger Grund dafür, daß ein Präparat nur selten verordnet wird, die Tatsache genannt, daß in einem Krankenhaus in einem Anwendungsbereich verschiedene Präparate mit gleicher chemischer Zusammensetzung eingesetzt werden. In diesem Fall sind die Vorteile einer Sortimentsreduzierung offensichtlich. Denn wenn an Stelle zahlreicher äquivalenter Präparate nur noch das billigste dieser Präparate verwendet wird, kann eine Sortimentsreduzierung ohne Erhöhung des Medikamentenumsatzes erreicht werden. Die Überlegungen dieses Abschnitts gehen weiter. Sie sollen zeigen, daß eine Sortimentsreduzierung im Bereich der selten verordneten Präparate auch dann in Betracht gezogen werden muß, wenn sie zu einer Erhöhung des Medikamentenumsatzes führt.

Die Ergebnisse dieses Abschnitts scheinen bei oberflächlicher Betrachtung im Widerspruch zum Prinzip der ABC-Analyse zu stehen: Im Abschnitt 33. ist festgestellt worden, daß für die Präparate mit einem niedrigen Umsatz eine grobe Ableitung des Bestellverhaltens ausreicht, da die Lagerhaltung dieser Präparate nur geringe Kosten verursacht. Dagegen haben bei der Medikamenteneinsatzplanung in einem Konfliktfall die Gesamtkosten der Lagerhaltung der nur selten gebrauchten Präparate eine besondere Bedeutung. Dieser scheinbare Widerspruch kann aufgeklärt werden. Für die Planung des Bestellverhaltens ist die absolute Höhe der Gesamtkosten der Lagerhaltung relevant. Da die absolute Höhe der Kosten, die durch die Lagerhaltung von Präparaten mit niedrigen Umsätzen verursacht werden, i.a. gering ist, wird bei der Beschaffung dieser Präparate ein möglichst einfaches Bestellverhalten angewendet. Dagegen ist bei der Medikamenteneinsatzplanung in einem Konfliktfall das Verhältnis aus den Gesamtkosten der Lagerhaltung und dem Umsatz eines Präparats, d.h. die Höhe der Gesamtkosten der Lagerhaltung in Relation zum Umsatz, von Bedeutung. Diese relative Bedeutung der Gesamtkosten der Lagerhaltung eines Präparats nimmt mit sinkendem Umsatz zu.

44. Probleme bei der Durchführung der Medikamenteneinsatzplanung

Bisher ist analysiert worden, welche Einflußmöglichkeiten auf die Kosten der Arzneimittelversorgung die Medikamenteneinsatzplanung bietet und welche Ursachen in einem Krankenhaus zu einer unwirtschaftlichen Versorgung mit Arzneimitteln führen können. Hierauf aufbauend wird jetzt untersucht, wie eine effektive Medikamenteneinsatzplanung durchgeführt werden kann und welche Probleme dabei zu beachten sind. Da der Medikamenteneinsatz bereits in vielen Krankenhäusern mehr oder weniger detailliert geplant wird, ist es naheliegend, zunächst auf die dabei gewonnenen Erfahrungen einzugehen, da sie die Schwierigkeiten bei der Durchführung der Medikamenteneinsatzplanung deutlich machen.

441. Eine Ist-Aufnahme: Die Medikamenteneinsatzplanung in den deutschen Krankenhäusern

Obwohl sich in den letzten Jahren in vielen Krankenhäusern die Erkenntnis durchgesetzt hat, daß eine Planung im Bereich des Medikamenteneinsatzes zu einer Senkung der Kosten der Arzneimittelversorgung beitragen kann,

können große Unterschiede sowohl hinsichtlich der Genauigkeit als auch hinsichtlich der Organisation der Medikamenteneinsatzplanung festgestellt werden. Während zuweilen im Rahmen der Einsatzplanung die medizinische und wirtschaftliche Problematik der Anwendung bestimmter Arzneimittel eingehend untersucht wird, beschränkt sich die Einsatzplanung oft auf informelle Gespräche zwischen den Ärzten und dem Apotheker über spezielle Probleme der Arzneimittelversorgung. In einigen Krankenhäusern sind zur Durchführung der Medikamenteneinsatzplanung besondere Institutionen geschaffen worden, die i.a. Arzneimittelkommission oder Apothekenausschuß genannt werden[1]. Die Bildung einer Arzneimittelkommission ist von der Deutschen Krankenhausgesellschaft in einer Empfehlung vom 4.9.1973 angeregt worden. Dort heißt es u.a.[2]: "Zur Ordnung, Sicherheit und Sparsamkeit im Arzneimittelverkehr wird im Krankenhaus eine aus den leitenden Abteilungsärzten oder ihren Stellvertretern, dem leitenden Krankenhausapotheker und einem Vertreter der Krankenhausverwaltung bestehende Arzneimittelkommission gebildet, ...". Eine institutionalisierte Trennung der Arzneimittelplanung und der Präparatplanung ist in den Krankenhäusern i.a. nicht festzustellen, d.h. wenn eine Arzneimittelkommission existiert, werden von ihr beide Bereiche gemeinsam geplant.

In zahlreichen Krankenhäusern ist von der Arzneimittelkommission eine Arzneimittelliste herausgegeben worden[3], die alle in der Apotheke geführten Arzneimittel und Präparate enthält. Nach der Terminologie dieser Arbeit wäre es genauer, von einer Medikamentenliste zu sprechen. Da sich der Begriff Arzneimittelliste jedoch weitgehend durchgesetzt hat[4], wird er auch in dieser Arbeit verwendet. Wenn in einem Krankenhaus eine Arzneimittelliste aufgestellt worden ist, sind die Ärzte verpflichtet, normalerweise

---

1 Während die Bezeichnung "Apothekenausschuß" in P. Lübcke, H.N. Herden (1975) verwendet wird, spricht die Deutsche Krankenhausgesellschaft von einer "Arzneimittelkommission"; vgl. Empfehlung der DKG zur Einführung einer Arzneimittelliste im Krankenhaus (1973). Da in beiden Fällen die Aufgabe der Institution die Durchführung der Medikamenteneinsatzplanung ist, kann auf eine unterschiedliche Bezeichnung verzichtet werden. In dieser Arbeit wird der Begriff "Arzneimittelkommission" gebraucht.

2 Empfehlung der DKG zur Einführung einer Arzneimittelliste im Krankenhaus (1973), S. 459, Pkt. 3.

3 Vgl. F. Pukal (1973). Die Arzneimittelliste wird von Pukal Medikamentennormliste genannt.

4 Vgl. hierzu auch die Empfehlung der DKG zur Einführung einer Arzneimittelliste im Krankenhaus (1973).

nur die Präparate zu verordnen, die in der Liste aufgeführt sind[1]. Die Arzneimittelliste kann deshalb ein wichtiges Hilfsmittel zur Sortimentsreduzierung sein. Häufig sind die Arzneimittellisten allerdings nicht das Ergebnis eines Planungsprozesses, sondern rein deskriptiver Natur, d.h. in ihnen werden zwar alle im Krankenhaus verordneten Präparate gelistet, doch werden sie nicht als Hilfsmittel zur Reduktion des Sortiments eingesetzt. Es besteht folglich in einem Krankenhaus nicht ohne weiteres ein Zusammenhang zwischen der Existenz einer Arzneimittelliste und der Genauigkeit der Medikamenteneinsatzplanung.

In manchen Krankenhäusern wird als Ergebnis der Medikamenteneinsatzplanung die Verordnung bestimmter, insbesondere teurer Präparate erschwert, indem bei der Anforderung dieser Präparate von der Apotheke die Unterschrift des leitenden Stationsarztes und/oder die Angabe der Diagnose und des Namens des Patienten verlangt wird[2]. Durch derartige Maßnahmen sollen die Ärzte angeregt werden, kritisch zu überprüfen, inwieweit die Verordnung teurer Präparate medizinisch wirklich unumgänglich ist.

442. Erfahrungen mit den Auswirkungen der Medikamenteneinsatzplanung

Wegen der unterschiedlichen Genauigkeit und Organisation der Medikamenteneinsatzplanung in verschiedenen Krankenhäusern sind eine Untersuchung und ein Vergleich der aufgetretenen Auswirkungen der Einsatzplanung von Interesse. Im folgenden wird besonders auf die Frage eingegangen, ob die bisher gesammelten Erfahrungen die aufgrund der theoretischen Überlegungen naheliegende Annahme bestätigen, daß durch eine Intensivierung der Medikamenteneinsatzplanung die Kosten der Arzneimittelversorgung ohne wesentliche Beeinträchtigung des Versorgungsniveaus gesenkt werden können. Leider existiert i.d.R. kein genaues Zahlenmaterial über die Entwicklung der Kosten der Arzneimittelversorgung in einem Krankenhaus. Ferner ist eine objektive Beurteilung der Genauigkeit einer Medikamenteneinsatzplanung problematisch. Es kann zwar leicht festgestellt werden, ob in einem Krankenhaus eine Arzneimittelkommission oder eine Arzneimittelliste exi-

1 In Ausnahmefällen kann ein Präparat, dessen Einsatz medizinisch unumgänglich ist, mit Zustimmung der Arzneimittelkommission auch dann verordnet werden, wenn es nicht in der Arzneimittelliste aufgeführt ist. Vgl. auch F. Pukal (1973), S. 85.

2 Vgl. auch P. Lübcke, H.N. Herden (1975), S. 985, 986.

stieren, doch ist dies nicht ohne weiteres ein objektives Kriterium für die Genauigkeit der Einsatzplanung[1].

Wegen dieser Schwierigkeiten geben die folgenden Ausführungen zum Teil den subjektiven Eindruck des Verfassers wieder, der durch die Analyse vorliegender Zahlen und durch Gespräche mit Apothekern und Ärzten entstanden ist. Als großes Problem erwies sich in den Gesprächen die Tatsache, daß die Apotheker und Ärzte einem Außenstehenden gegenüber sehr reserviert sind, wenn Schwierigkeiten angesprochen werden, die im Zusammenhang mit der Einsatzplanung auftreten. Dies ist eine verständliche Reaktion auf die massiven, zum Teil auch unsachlichen Angriffe, denen das Gesundheitswesen und hier insbesondere die Krankenhäuser im Augenblick in der Öffentlichkeit ausgesetzt sind.

In der bereits erwähnten Veröffentlichung von Lübcke und Herden wird über Erfahrungen mit einer intensivierten Medikamenteneinsatzplanung berichtet. Die Autoren stellen fest[2]: "Aufgrund unserer Erfahrungen sind wir der Ansicht, daß ein kollegial geführter Apothekenausschuß ... erhebliche Finanzmittel im Medikamentenhaushalt einsparen kann ... So konnte ... der Apothekenaufwand pro Berechnungstag von 8,80 DM 1971 über 8,68 DM 1972 auf 8,43 DM 1973 trotz der allgemeinen Kostensteigerung reduziert werden". Der Apothekenaufwand wird in dem Aufsatz auch Medikamentenkosten und Medikamentenaufwand genannt. Es geht aus der Veröffentlichung nicht hervor, ob damit der zu Einstandspreisen bewertete Verbrauch an Präparaten, d.h. der Medikamentenumsatz in der Terminologie dieser Arbeit, oder die Ausgaben für den Einkauf von Präparaten gemeint sind[3]. Ferner fehlen Angaben über die Entwicklung der Eigenherstellung in dem betrachteten Zeitraum, die für eine Beurteilung der Ergebnisse von Bedeutung sind[4].

---

1 Vgl. auch den letzten Abschnitt. Eine Arzneimittelliste ist z.B. häufig nicht das Ergebnis eines Planungsprozesses, sondern überwiegend deskriptiver Natur.

2 P. Lübcke, H.N. Herden (1975), S. 987.

3 Die beiden Größen können unterschiedlich sein, da Lagerbestandsveränderungen auftreten.

4 Durch eine Forcierung der Eigenherstellung wird der Medikamentenumsatz i.a. gesenkt. Dies sagt jedoch nichts aus über die Entwicklung der Kosten der Arzneimittelversorgung, da die Abschreibungen und die Kapitalbindungskosten in diesem Fall i.a. steigen. Vgl. zu den Kosten der Arzneimittelversorgung auch Abschnitt 1323.

In einigen Fällen konnte durch die Medikamenteneinsatzplanung - vor allem durch die Einführung einer Arzneimittelliste - eine erhebliche Sortimentsreduzierung erreicht werden. Im Stadtkrankenhaus in Hanau wurde z.B. das Sortiment von 1047 Präparaten auf 495 Präparate verkleinert[1]. Auch hier liegen keine Angaben über die Auswirkungen der Sortimentsreduzierung auf die Kosten der Arzneimittelversorgung vor.

Bei einer Gesamtbetrachtung ist in den Krankenhäusern meistens kein direkter Zusammenhang zwischen der Genauigkeit der Medikamenteneinsatzplanung und der Wirtschaftlichkeit der Arzneimittelversorgung festzustellen. Dieses auf den ersten Blick überraschende Resultat wird bei einer näheren Betrachtung der Ursachen verständlich.

Wegen der Komplexität medizinischer Vorgänge ist es unmöglich, im Rahmen der Einsatzplanung genau festzulegen, mit welchen Mitteln ein Patient behandelt werden soll, der mit einer bestimmten Krankheit im Krankenhaus liegt. Die endgültige Entscheidung über die Art und den Umfang eines Einsatzes von Arzneimitteln liegt mit Recht beim behandelnden Arzt, der die individuellen Aspekte des Einzelfalls berücksichtigen kann[2]. Für die Wirtschaftlichkeit der Arzneimittelversorgung in einem Krankenhaus ist es deshalb von entscheidender Bedeutung, wie weit es gelingt, die Ärzte von den Ergebnissen der Medikamenteneinsatzplanung zu überzeugen und den Einsatz von Arzneimitteln im Sinne dieser Ergebnisse zu beeinflussen. Der Erfolg der Einsatzplanung hängt damit wesentlich vom allgemeinen Betriebsklima, der Kooperationsbereitschaft der Ärzte und der psychologischen Geschicklichkeit des Apothekers und der übrigen Mitglieder der Arzneimittelkommission bei der Durchsetzung der Planungsergebnisse ab. Diese psychologischen Faktoren haben oft eine größere Bedeutung als die Genauigkeit der Einsatzplanung.

Ein schwerwiegendes Problem bei der Planung der Arzneimittelversorgung ist darin zu sehen, daß gerade dann, wenn die Einsatzplanung sehr detailliert und genau durchgeführt wird, die Gefahr besteht, daß die Realisierung der

---

1 Vgl. Medikamente "aussortiert" (1973).

2 Vgl. auch Abschnitt 41. Es ist dagegen nicht unbedingt notwendig, daß die Entscheidung, durch welche Präparate ein Arzneimittelbedarf gedeckt wird, in jedem Fall vom behandelnden Arzt getroffen wird. Vgl. hierzu Abschnitt 444.

Planungsergebnisse mit einer erheblichen Reglementierung der Ärzte bei der Verordnung von Präparaten verbunden ist und die Kooperationsbereitschaft und das Betriebsklima darunter leiden. Aus diesem Grunde führt eine Intensivierung der Einsatzplanung in einem Krankenhaus nicht ohne weiteres zu einer Senkung der Kosten der Arzneimittelversorgung. Die Schwierigkeiten bei der Durchsetzung der Planungsergebnisse können so groß werden, daß die ursprünglich aufgrund der Medikamenteneinsatzplanung erwartete Verbesserung der Wirtschaftlichkeit der Arzneimittelversorgung nicht realisierbar ist[1].

443. Probleme im Zusammenhang mit der Arzneimittelplanung durch die Arzneimittelkommission

Die dargestellten theoretischen Überlegungen und praktischen Erfahrungen lassen erkennen, daß bei der Arzneimittelplanung zwei Problemkreise von besonderer Bedeutung sind, wenn eine Senkung der Kosten der Arzneimittelversorgung in einem Krankenhaus angestrebt wird.

a) Die Arzneimittelplanung muß den Konflikt zwischen wirtschaftlichen und medizinischen Zielen der Arzneimittelversorgung lösen, d.h. sie muß einerseits eine ausreichende medikamentöse Versorgung der Patienten ermöglichen, andererseits müssen die Kosten der Arzneimittelversorgung möglichst niedrig gehalten werden.

b) Bei der Arzneimittelplanung müssen die Schwierigkeiten bei der Durchsetzung der Planungsergebnisse berücksichtigt werden.

---

1 Ansatzpunkte für eine eingehende wissenschaftliche Untersuchung dieser Problematik bietet die Soziologie, die zwischen einer formalen und informalen Sozialorganisation unterscheidet. Vgl. P. Atteslander (1955), S. 55 ff. Bei der Arzneimittelversorgung im Krankenhaus ist die formale Sozialorganisation im wesentlichen durch die Aufgabenbereiche der Ärzte und Apotheker und durch die Zusammensetzung und Kompetenzen der Arzneimittelkommission gegeben. Die informale Sozialorganisation wird demgegenüber durch die persönlichen Vorstellungen und Beziehungen der Ärzte und Apotheker bestimmt. Da die medikamentöse Behandlung eines Patienten von seinem individuellen medizinischen Zustand abhängt und deshalb viele Ergebnisse der Medikamenteneinsatzplanung nur als Empfehlungen und nicht als eindeutige Beschlüsse formuliert werden können, hat die informale Sozialorganisation bei der Arzneimittelversorgung im Krankenhaus eine besondere Bedeutung.

Wenn in einem Krankenhaus eine Arzneimittelkommission gebildet worden ist, steht ein geeignetes Gremium für die Arzneimittelplanung zur Verfügung. Die erste Aufgabe der Kommission bei der Durchführung der Arzneimittelplanung besteht darin, sich umfassende Kenntnisse über den therapeutischen Wert, die Nebenwirkungen und die Wirtschaftlichkeit der Arzneimittel zu verschaffen, die für bestimmte Anwendungsbereiche auf dem Arzneimittelmarkt erhältlich sind[1]. Die mit der Informationsbeschaffung verbundene zeitliche Belastung der Arzneimittelkommission kann durch eine Aufgabenteilung begrenzt werden: Jedes Mitglied der Kommission eignet sich Kenntnisse über die Wirksamkeit und Wirtschaftlichkeit der Arzneimittel an, die bevorzugt in seinem Fachgebiet eingesetzt werden.Die Kenntnisse werden in kurzen Referaten den übrigen Mitgliedern der Kommission weitervermittelt[2].

Nach Abschluß der Informationsbeschaffung muß die Arzneimittelkommission Konsequenzen für die Arzneimittelversorgung des Krankenhauses beraten und beschließen. Dabei müssen medizinische und wirtschaftliche Argumente gegeneinander abgewogen werden, doch dürften bei der Arzneimittelplanung meistens medizinische Probleme im Vordergrund stehen. Nach Erfahrungen von Lübcke und Herden kommt es bei diesem Entscheidungsprozeß innerhalb der Arzneimittelkommission kaum zu Unstimmigkeiten[3]. Als Ergebnis ist z.B. ein Beschluß der Kommission denkbar, daß auf den Einsatz bestimmter Arzneimittel, die bis dahin in dem Krankenhaus verwendet worden sind, verzichtet wird, da es möglich ist, durch andere in der Apotheke geführten Mittel den gleichen medizinischen Effekt zu erzielen. Ferner kann die Kommission z.B. feststellen, daß in einigen Fällen der Einsatz billigerer Arzneimittel oder eine sparsamere Dosierung als in dem Krankenhaus üblich medizinisch vertretbar ist.

Als dritter Schritt ist von der Arzneimittelkommission zu überlegen, wie die Ergebnisse der Beratungen in die Praxis umgesetzt werden können. Naheliegend ist eine Ausstattung der Arzneimittelkommission mit entsprechenden Vollmachten, die die Beschlüsse der Kommission für alle Ärzte verbindlich machen[4]. Diese Lösung ist aus folgenden Gründen nur begrenzt praktikabel:

---

1 Vgl. P. Lübcke, H.N. Herden (1975), S. 985.

2 Vgl. ebenda.

3 Vgl. ebenda, S. 987.

4 Vgl. ebenda.

1) Die meisten Ergebnisse der Arzneimittelplanung - wie z.B. die Erkenntnis, daß in einigen Fällen billigere Arzneimittel verwendet werden können - sind kaum in Form eines für die Ärzte verbindlichen Beschlusses formulierbar. Die Arzneimittelkommission kann in diesen Fällen nur versuchen, durch Empfehlungen und andere Maßnahmen die Ärzte so zu beeinflussen, daß wirtschaftliche Überlegungen bei der medikamentösen Behandlung der Patienten stärker berücksichtigt werden.

2) Es darf die Gefahr nicht unterschätzt werden, daß eine starke Einschränkung der Verordnungsfreiheit durch eine Ausweitung der Kompetenzen der Arzneimittelkommission bei vielen Ärzten das Gefühl entstehen läßt, daß eine medizinisch optimale medikamentöse Versorgung der Patienten nicht mehr realisierbar ist[1]. Dieses Gefühl kann leicht zu einer allgemeinen Abneigung gegen die Arzneimittelkommission führen und damit die Kooperationsbereitschaft der Ärzte beeinträchtigen, die als Grundvoraussetzung für den Erfolg der Arzneimittelplanung anzusehen ist.

Welche Maßnahmen stehen der Arzneimittelkommission zur Verfügung, um die Anwendung von Arzneimitteln in gewissem Rahmen ohne Beeinträchtigung des Betriebsklimas zu beeinflussen? Sehr wichtig ist eine gezielte Information der Ärzte über die Ergebnisse der Arzneimittelplanung z.B. durch direkte Gespräche und/oder Rundschreiben. Die Informationen sollten sich auf wichtige Fälle beschränken. Denn wenn ein Arzt täglich durch Rundschreiben oder durch Mitglieder der Arzneimittelkommission auf die wirtschaftliche und medizinische Problematik bestimmter medikamentöser Behandlungsmethoden hingewiesen wird, vergrößert sich kaum seine Bereitschaft, aktiv an der Verwirklichung der Ergebnisse der Arzneimittelplanung mitzuarbeiten. Dagegen wird ein Apotheker, der die Ärzte nur in den wichtigsten Fällen auf Einsparungsmöglichkeiten hinweist, im Hinblick auf eine Senkung der Kosten der Arzneimittelversorgung i.a. erfolgreicher sein.

Eine weitere Möglichkeit zur Vergrößerung des Kostenbewußtseins besteht darin, den Medikamentenumsatz pro Pflegetag für die einzelnen Stationen nachzuhalten und in regelmäßigen Zeitabständen - z.B. monatlich oder vierteljährlich - krankenhausintern zu veröffentlichen. Ein Vergleich dieser Zahlen mit Werten der Vergangenheit, mit Richtwerten oder mit Durchschnittswerten anderer Krankenhäuser läßt einige Schlüsse auf die Wirtschaftlichkeit der Arzneimittelversorgung auf den einzelnen Stationen zu und kann deshalb

---

1 Vgl. P. Lübcke, H.N. Herden (1975), S. 985.

ein Anreiz zum sparsameren Einsatz von Arzneimitteln sein[1]. Die regelmäßige Berechnung des Medikamentenumsatzes pro Pflegetag für die Stationen ist problemlos, wenn als Hilfsmittel die elektronische Datenverarbeitung eingesetzt wird[2].

Zusammen mit der Kontrolle des Medikamentenumsatzes der Stationen kommen auch finanzielle Anreize zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit der Arzneimittelversorgung in Betracht. Durch derartige Maßnahmen kann das Interesse der Stationsärzte an der Höhe des Medikamentenumsatzes geweckt und vergrößert werden[3].

444. Probleme im Zusammenhang mit der Präparatplanung

Bei der Durchführung der Präparatplanung müssen wirtschaftliche und medizinische Gesichtspunkte beachtet werden, doch haben die letzteren in den Teilbereichen der Präparatplanung eine sehr unterschiedliche Bedeutung. Wenn z.B. aus einer Anzahl von Kombinationspräparaten, die sich in ihrer Zusammensetzung und Wirkung unterscheiden, einige für den Gebrauch im Krankenhaus ausgewählt werden sollen, stehen medizinische Probleme im Vordergrund, da Präparate gefunden werden müssen, die für den ins Auge gefaßten Einsatzbereich gut geeignet sind. Hier besteht ein sehr enger Zusammenhang zwischen der Arzneimittelplanung und Präparatplanung. Wenn dagegen der Bedarf an einem Arzneimittel durch verschiedene, chemisch äquivalente Präparate gedeckt werden kann, sind für die Auswahl eines Präparats allein wirtschaftliche Gesichtspunkte maßgebend.

---

1 Ein Vergleich des Medikamentenumsatzes einer Station mit dem der gleichen Station in einem anderen Krankenhaus ist allerdings nicht unproblematisch, da der Medikamentenumsatz u.a. vom Ausmaß der Eigenherstellung und von der Art der behandelten Krankheiten abhängt.

2 Zur Kontrolle des Medikamentenumsatzes mit Hilfe der elektronischen Datenverarbeitung vgl. z.B. E.H. Abel (1972), S. 39 ff., M. Gebhardt (1973).

3 Es sei darauf hingewiesen, daß in einem Krankenhaus finanzielle Anreize zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit nur in begrenztem Umfang vertretbar sind. Wenn z.B. eine Senkung des Medikamentenumsatzes für die Ärzte und Apotheker mit erheblichen finanziellen Vorteilen verbunden wäre, könnte dies zu einer Beeinträchtigung des Niveaus der Arzneimittelversorgung führen.

Die Arzneimittelkommission ist ein geeignetes Gremium zur Durchführung der Präparatplanung in den Bereichen, in denen medizinische Fragen im Vordergrund stehen. Dagegen dürfte es sinnvoll sein, wenn die Präparatplanung in den Bereichen, in denen medizinische Probleme eine untergeordnete Bedeutung haben, im Normalfall nicht von der Arzneimittelkommission, sondern allein vom Krankenhausapotheker durchgeführt wird.

Beispiel:

In einem Krankenhaus wird das Penicillin-Präparat PA der Firma A verwendet. Eines Tages besucht ein Vertreter der Firma B den Apotheker und bietet das Penicillin-Präparat PB, das sich in seiner Zusammensetzung und damit auch in seiner Wirkung vom Präparat PA nicht unterscheidet, zu einem sehr günstigen Preis an. Der Apotheker bestellt daraufhin das Präparat PB, da die Anwendung dieses Präparats an Stelle des Präparats PA mit wirtschaftlichen Vorteilen verbunden ist. In diesem Fall wäre es viel zu umständlich, wenn der Apotheker die nächste Sitzung der Arzneimittelkommission abwarten oder eine Sondersitzung der Kommission einberufen würde, um durch einen Beschluß der Kommission einen Ersatz des Präparats PA durch das Präparat PB zu bewirken.

Der Apotheker ist auch deshalb für die Präparatplanung in den Bereichen, in denen medizinische Probleme von untergeordneter Bedeutung sind, besonders geeignet, da er über die wirtschaftlich relevanten Daten wie Preise, Lieferfristen usw. i.a. am besten informiert ist.

Die mit der Durchsetzung der Planungsergebnisse im Krankenhaus verbundenen Schwierigkeiten sind bei der Präparatplanung meistens kleiner als bei der Arzneimittelplanung. Da sich aus der Präparatplanung häufig keine oder nur geringe medizinische Konsequenzen für die Behandlung der Patienten ergeben, ist eine Beeinträchtigung der medikamentösen Versorgung der Patienten i.d.R. nicht zu befürchten. Die Ergebnisse der Präparatplanung werden deshalb von den Ärzten eher akzeptiert als die der Arzneimittelplanung. Beispielsweise wird ein Austausch äquivalenter Präparate bereits in einigen Krankenhäusern problemlos praktiziert[1].

1 Der Austausch von Präparaten unterscheidet sich von dem Ersatz von Präparaten bei Verknappungen, auf den bereits an anderer Stelle eingegangen worden ist. Während Fehlmengen selten auftreten und deshalb ein bei einer Verknappung praktizierter Ersatz von Präparaten etwas außergewöhnliches ist, wird bei einem Austausch von Präparaten ein Präparat grundsätzlich durch ein anderes Präparat ersetzt.

Theoretisch muß bei der Präparatplanung auch das Verhalten des Apothekers bei Verknappungen und, wenn eine Verknappung zu einer Beeinträchtigung des Versorgungsniveaus führt[1], die Versorgungssicherheit festgelegt werden. Wegen der begrenzten Bedeutung, die das Fehlmengenproblem bei der Lagerhaltung von Präparaten in der Krankenhausapotheke hat, ist eine detaillierte, zeitraubende Planung in diesem Bereich nicht sinnvoll. Eine Möglichkeit besteht darin, zunächst davon auszugehen, daß ein fehlendes Präparat durch eine Eilbestellung schnell besorgt wird. In diesem Fall können bei der Ableitung des Bestellverhaltens die mit der Eilbeschaffung verbundenen zusätzlichen Kosten als Fehlmengenkosten angesetzt werden. Die Versorgungssicherheit, die dann durch die Anwendung einer etwa nach der Vorgehensweise 1 abgeleitete Bestellpolitik realisiert wird, ist i.a. sehr groß[2]. Wenn eine Verknappung eintritt - und dies geschieht sehr selten - , kann für den konkreten Einzelfall entschieden werden, ob wirklich eine Eilbestellung notwendig ist oder ob auf eine Behandlung mit dem Mittel verzichtet bzw. ein Ersatzpräparat verwendet werden kann.

445. Die laufende Kontrolle und Korrektur des Medikamenteneinsatzplanes

Um eine wirtschaftliche Arzneimittelversorgung im Krankenhaus zu gewährleisten, müssen die Ergebnisse, die bei der Anwendung des Einsatzplans auftreten, laufend kontrolliert werden. Dabei sind häufige Korrekturen des Einsatzplans aus zwei Gründen i.a. unumgänglich:

a) Bei der Anwendung des Einsatzplans können unerwartete Auswirkungen und Schwierigkeiten deutlich werden.

U.U. sind die Widerstände gegen eine Anwendung des Einsatzplans unerwartet groß. Möglicherweise entstehen auch höhere Kosten als ursprünglich erwartet oder die Lagerräume der Apotheke sind zu klein usw.

b) Die Planungsgrundlagen können sich ändern.

Die Planungsgrundlagen ändern sich einmal durch die allgemeine Fortentwicklung: Die pharmazeutische Industrie entwickelt neue, wirksamere Arzeimit-

---

1 Ob das Auftreten von Verknappungen zu einer Beeinträchtigung des Versorgungsniveaus führt, hängt wiederum vom Verhalten des Apothekers ab. Vgl. Abschnitt 1322.

2 Vgl. z.B. die Simulationsergebnisse im Abschnitt 3462.

tel[1] und in der Medizin gewinnen neue Behandlungsmethoden an Bedeutung. Ferner ändern sich die Planungsgrundlagen häufig durch eine Variation der wirtschaftlich relevanten Daten, insbesondere der Preise der Präparate.

Da der Medikamenteneinsatzplan aus den genannten Gründen laufend überprüft werden muß, sind regelmäßige Zusammenkünfte der Arzneimittelkommission zu empfehlen, bei denen notwendige Korrekturen beraten und beschlossen werden können. Doch sollten zu häufige Kommissionssitzungen auf jeden Fall vermieden werden, da in diesem Fall die Gefahr nicht von der Hand zu weisen ist, daß die Bereitschaft der Mitglieder der Arzneimittelkommission zur aktiven Mitarbeit an der Medikamenteneinsatzplanung leidet. Wenn die Arzneimittelkommission sehr häufig zusammentrifft, muß ferner damit gerechnet werden, daß eventuelle Einsparungen bei der Arzneimittelversorgung die Kosten der Kommissionssitzungen nicht mehr kompensieren. Grundsätzlich müssen bei jeder Tätigkeit der Arzneimittelkommission die Kosten, die insbesondere aus der zeitlichen Belastung der Kommissionsmitglieder resultieren[2], berücksichtigt werden.

Meistens dürfte eine unbürokratische, zwanglose Regelung den größten Erfolg versprechen. Bereits im letzten Abschnitt ist darauf hingewiesen worden, daß es dem Apotheker gestattet sein sollte, selbständig Korrekturen des Einsatzplans vorzunehmen, wenn die Korrekturen nur eine wirtschaftliche und keine medizinische Bedeutung haben. Es kann jedoch auch dann, wenn medizinische Fragen berücksichtigt werden müssen, u.U. sinnvoll sein, wenn der Apotheker Änderungen des Einsatzplans unter Vorbehalt ohne Zustimmung der Kommission durchführt[3]. Er wird in diesem Fall die Arzneimittelkommission bei der nächsten Zusammenkunft über die vorgenommenen Änderungen informieren. Die Kommission kann dann unter Berücksichtigung der gesammelten Erfahrungen die Korrekturen nachträglich gutheißen oder rückgängig machen.

---

1 Vgl. auch P. Lübcke, H.N. Herden (1975), S. 986.

2 Vgl. hierzu auch den Ansatz von Opportunitätskosten für die Arbeitszeit des Apothekers im Abschnitt 3141.

3 In verschiedenen Veröffentlichungen wird nur auf die Möglichkeit eingegangen, daß der Einsatzplan - insbesondere die Arzneimittelliste - durch einen Beschluß der Arzneimittelkommission korrigiert werden kann. Vgl. P. Lübcke, H.N. Herden (1975), S. 986, 987, Empfehlung der DKG zur Einführung einer Arzneimittelliste im Krankenhaus (1973), S. 459, Punkt 3.

Beispiel:

Ein Arzt will in einem Krankenhaus ein neu entwickeltes Präparat, das in der Krankenhausapotheke noch nicht geführt wird, zur Behandlung von Patienten einsetzen. Die Anwendung des Präparats ist zwangsläufig mit einer Umstellung des Sortiments verbunden. Der Apotheker könnte in dieser Situation die nächste Sitzung der Arzneimittelkommission abwarten oder eine Sondersitzung der Kommission einberufen. Einfacher ist es jedoch, wenn er zunächst selbständig eine Sortimentserweiterung vornimmt und das neue Präparat bestellt. Die Arzneimittelkommission wird von ihm auf der nächsten Routine-Sitzung über die Sortimentserweiterung informiert und entscheidet dann endgültig, ob das neue Präparat in die Arzneimittelliste aufgenommen wird und ob bei einer Anwendung des neuen Präparats eventuell alte Präparate aus dem Sortiment ausgeschieden werden können.

In einem Krankenhaus ist z.B. eine Vereinbarung denkbar, daß regelmäßig alle zwei oder drei Monate eine Sitzung der Arzneimittelkommission stattfindet. Die bei dieser Regelung durch die Sitzungen entstehende zeitliche Belastung der Mitglieder der Kommission ist begrenzt und zumutbar. Auf den regelmäßigen Kommissionssitzungen werden die folgenden Fragen diskutiert und gegebenenfalls Beschlüsse gefaßt:

a) Sind bei der Durchführung der Arzneimittelversorgung seit der letzten Kommissionssitzung Probleme aufgetreten, die durch die Medikamenteneinsatzplanung beeinflußt werden können?

b) Ist aufgrund neuer Entwicklungen im medizinischen und/oder pharmazeutischen Bereich oder aufgrund einer Veränderung der wirtschaftlichen Daten eine Korrektur des Medikamenteneinsatzplans notwendig?

c) Wie sind die Korrekturen des Medikamenteneinsatzplans, die der Apotheker seit der letzten Kommissionssitzung vorgenommen hat, zu beurteilen?

Die für die Diskussion der Punkte notwendigen Informationen werden von einzelnen Mitgliedern der Arzneimittelkommission zusammengestellt und in kurzen Referaten weitervermittelt[1].

1 Vgl. auch Abschnitt 443.

5. Zusammenfassung: Anregungen für die Planung der Arzneimittelversorgung im Krankenhaus

Im folgenden sollen die Untersuchungsergebnisse zusammengestellt werden, die für die Wirtschaftlichkeit der Arzneimittelversorgung im Krankenhaus in der gegenwärtigen Situation die größte Bedeutung haben. Um die Darstellung zu vervollständigen, werden auch Punkte angesprochen, die in dieser Arbeit nicht näher behandelt worden sind.

Im Bereich der Beschaffung von Arzneimitteln ist langfristig zu entscheiden, ob bestimmte Mittel in der Krankenhausapotheke selbst hergestellt werden sollen. Die Frage nach der Vorteilhaftigkeit der Eigenherstellung von Arzneimitteln kann nicht allgemeingültig beantwortet werden, da zahlreiche individuelle Faktoren zu berücksichtigen sind[1]. Nach dem Eindruck des Verfassers wird die Wirtschaftlichkeit der Eigenfertigung in den Krankenhäusern meistens zu optimistisch beurteilt. Der Grund hierfür ist darin zu sehen, daß bei der Beurteilung die Höhe des Medikamentenumsatzes i.a. zu sehr im Vordergrund steht, während die übrigen Kosten der Arzneimittelversorgung nur unzureichend berücksichtigt werden[2].

Eine Kooperation mehrerer Krankenhäuser beim Einkauf von Präparaten ist uneingeschränkt zu befürworten, da sie die Verhandlungsposition der Krankenhäuser beim Aushandeln der Rabatte verbessert[3]. Es sollte in diesem Zusammenhang überlegt werden, ob nicht die effektiv zu zahlenden Preise der Präparate z.B. für alle öffentlichen Krankenhäuser eines Bundeslandes zentral ausgehandelt werden.

---

1 Vgl. auch Abschnitt O. Nach einer im Auftrag des Senators für Gesundheit und Umweltschutz in Berlin durchgeführten Untersuchung muß z.B. bezweifelt werden, ob die Eigenherstellung von Infusionslösungen i.a. vorteilhaft ist. Dies geht aus der Antwort des Senats von Berlin vom 10. Sept. 1975 auf die kleine Anfrage Nr. 277 des Angeordneten Mertsch vom 25. Aug. 1975 hervor. Die Untersuchung selbst ist nur zum internen Gebrauch in der Behörde bestimmt und dem Verfasser nicht zugänglich. Vgl. auch H. Böhler (1971).

2 Vgl. zu den Kosten der Arzneimittelversorgung Abschnitt 1323. Bei der Abwägung der Vor- und Nachteile der Eigenherstellung wird ferner die mit der Eigenfertigung verbundene geringere Flexibilität meistens vernachlässigt. Wenn beispielsweise der Bedarf an einem Arzneimittel sinkt, muß bei der Eigenfertigung des Mittels mit unausgenutzten Kapazitäten und einer entsprechenden Erhöhung der Kosten pro Mengeneinheit des hergestellten Mittels gerechnet werden, während bei einem Fremdbezug keine wesentlichen Nachteile zu erwarten sind.

3 Vgl. auch Abschnitt 421.

Das in vielen Krankenhäusern praktizierte Vorgehen, jeweils so viel von einem Präparat zu bestellen, daß durch die Bestellmenge der durchschnittliche Bedarf eines festen, für alle Präparate gleichen Zeitraums - von z.B. zwei Monaten - gedeckt werden kann, ist abzulehnen. Als Folge dieses Verhaltens ergibt sich eine zu hohe Kapitalbindung durch die Lagerbestände, da die so bestimmten Bestellmengen für die Präparate mit einem hohen jährlichen Umsatz zu groß sind. Gleichzeitig ist die Arbeitsbelastung des Apothekers im Einkaufsbereich erheblich, da die Bestellmengen der Präparate mit einem niedrigen jährlichen Umsatz zu klein sind und diese deshalb häufig nachbestellt werden müssen. Dieser Zusammenhang ist durch die Simulationsergebnisse im Abschnitt 3463. verdeutlicht worden.

Sehr zu empfehlen ist die Anwendung der ABC-Analyse bei der Planung des Bestellverhaltens in der Krankenhausapotheke[1]. Denn eine Einteilung der Präparate in Klassen kann auch dann problemlos durchgeführt werden, wenn kein Computer zur Datenerfassung und Datenverarbeitung zur Verfügung steht. Der Einsatz der ABC-Analyse ist ferner unabhängig von der Art der im einzelnen verwendeten Bestellpolitik möglich.

Unter den Verfahren, die zur Ableitung einer Bestellpolitik entwickelt worden sind, hat in der gegenwärtigen Situation die Vorgehensweise 1 die größte Bedeutung[2]. Eventuell kommt in einigen Fällen auch eine grobe Anpassung des Bestellverhaltens an die Belegung des Krankenhauses in Frage[3]. I.a. ist eine Anwendung der komplizierteren Vorgehensweisen 2 und 3 jedoch nur dann in Betracht zu ziehen, wenn in dem Krankenhaus ein Computer zur Berechnung der Bestellpolitik zur Verfügung steht.

Eine genaue Aufzeichnung aller Zugänge und Abgänge von Präparaten in der Krankenhausapotheke dürfte ohne Hilfe der elektronischen Datenverarbeitung nicht empfehlenswert sein. Es ist jedenfalls nicht zu erkennen, durch welche Vorteile die damit verbundenen Kosten kompensiert werden können[4]. Die Situation ändert sich beim Einsatz der elektronischen Datenverarbeitung im

---

1 Vgl. zur ABC-Analyse Abschnitt 33.

2 Vgl. Abschnitt 323.

3 Vgl. Abschnitt 3264.

4 Eine für die Aufgabe von Bestellungen ausreichende Lagerbestandskontrolle ist i.a. auch ohne detaillierte Aufzeichnungen problemlos möglich. Vgl. hierzu Abschnitt 3231.

Krankenhaus. In diesem Fall vergrößern sich die Vorteile, die mit einer genauen Datenerfassung verbunden sind. Z.B. ist mit Hilfe der elektronischen Datenverarbeitung die Ableitung und Anwendung eines verbesserten Bestellverhaltens möglich. Langfristig ist in der Krankenhausapotheke eine vollautomatische Aufgabe von Bestellungen durch einen Computer anzustreben.

Die Bildung einer Arzneimittelkommission kann zu einer Senkung der Kosten der Arzneimittelversorgung im Krankenhaus beitragen, wenn die Kommission bei der Medikamenteneinsatzplanung die objektiven Schwierigkeiten bei der Durchsetzung der Planungsergebnisse berücksichtigt und entsprechend behutsam vorgeht[1]. Aus diesem Grunde sind regelmäßige, jedoch nicht zu häufige Kommissionssitzungen und eine Konzentration der Einsatzplanung auf wichtige Bereiche zu empfehlen[2]. Allgemein dürfte es von großer Bedeutung für die Wirtschaftlichkeit nicht nur der Arzneimittelversorgung, sondern des gesamten Krankenhausbetriebes sein, inwieweit es gelingt, ein ausgeprägtes Kostenbewußtsein im Krankenhaus zu erzeugen. Eine Grundlage hierfür ist die Formulierung eines operationalen Zielsystems für das Krankenhaus[3].

Erfolge sind von der Arzneimittelkommission i.a. am leichtesten durch die Herausgabe einer Arzneimittelliste und die Reduzierung des Sortiments an Präparaten zu erzielen, da in den meisten Krankenhausapotheken ein viel zu umfangreiches Sortiment geführt wird. Die Simulationsergebnisse des Abschnitts 4223. verdeutlichen, daß die Gesamtkosten der Lagerhaltung durch eine Reduzierung des Sortiments erheblich gesenkt werden können.

Für eine Sortimentsreduzierung kommen besonders die sehr zahlreichen Präparate in Frage, die nur selten verordnet werden[4]. Die Widerstände gegen die Realisierung einer Sortimentsreduzierung im Krankenhaus sind - besonders wenn für die aus dem Sortiment ausgeschiedenen Präparate äquivalente Ersatzpräparate zur Verfügung stehen - relativ gering, da eine Beeinträchtigung der medikamentösen Versorgung der Patienten i.a. kaum zu befürchten ist.

---

1 Vgl. die Abschnitte 431. und 432.

2 Vgl. die Abschnitte 433. - 435.

3 Vgl. Abschnitt 131.

4 Vgl. Abschnitt 43.

Der Einsatz der Simulation als Hilfsmittel bei der Planung der Arzneimittelversorgung dürfte wegen der hohen Kosten i.a. nur empfehlenswert sein, wenn die folgenden Bedingungen erfüllt werden[1]:

a) Es müssen umfassende Simulationsmodelle aufgestellt werden, die möglichst viele Bereiche des Krankenhausbetriebes abbilden.

b) Es muß ein flexibles Simulationsprogramm entwickelt werden, das in verschiedenen Krankenhäusern bei unterschiedlichen Problemstellungen anwendbar ist.

Die Simulationsergebnisse sind in diesem Fall eine Grundlage nicht nur für die Planung der Arzneimittelversorgung, sondern auch für die Planung anderer Bereiche des Krankenhausbetriebes und insbesondere für die langfristige Planung neuer Krankenhäuser[2].

---

1 Vgl. Abschnitt 347.

2 Vgl. ebenda.

Anhang I: Die Berechnung der durchschnittlichen Kosten pro Teilperiode in den Modellen zu den Vorgehensweisen 1 und 2 und eine kommentierte Liste des Computerprogramms KOS

Es wird im folgenden kurz skizziert, auf welche Weise das Computerprogramm KOS die durchschnittlichen Kosten pro Teilperiode berechnet, die sich langfristig unter den Prämissen der Modelle zu den Vorgehensweisen 1 und 2 ergeben. Im Anschluß an die Ausführungen folgt eine kommentierte Liste des Computerprogramms KOS.

Betrachtet wird ein Modell mit der im Abschnitt 322. beschriebenen Struktur. xa_i sei der Lagerbestand und B_i der Bedarf der i-ten Teilperiode. Der Zustand Z_i des Modells am Ende der i-ten Teilperiode kann beschrieben werden durch

$$(1) \qquad Z_i = xa_i - B_i.$$

Wenn $Z_i \geq 0$ ist, beschreibt Z_i die Höhe des Lagerbestandes am Ende der i-ten Teilperiode. Gilt jedoch $Z_i < 0$, so ist der Lagerbestand am Ende der i-ten Teilperiode gleich Null. Der Betrag von Z_i gibt in diesem Fall die Anzahl der in der i-ten Teilperiode aufgetretenen Fehlmengen an.

Als Bestellregel wird entweder die Bestellpolitik der Vorgehensweise 1 mit den Parametern XK, XQ oder die (s,S)-Politik mit den Parametern s,S verwendet. Es gilt für alle Teilperioden des Planungszeitraums die gleiche Bedarfsverteilung. Die maximale Höhe des Bedarfs in einer Teilperiode des Planungszeitraums sei mb[1].

Für den maximalen Wert zmax und den minimalen Wert zmin, den der Zustand Z_i annehmen kann, gilt dann:

$$(2) \quad zmax = \begin{cases} XK-1+XQ\ , & \text{falls die Politik der Vorgehensweise 1 angewendet wird.} \\ S\ , & \text{falls die (s,S)-Politik angewendet wird.} \end{cases}$$

$$zmin = \begin{cases} XK-mb\ , & \text{falls die Politik der Vorgehensweise 1 angewendet wird.} \\ s-mb\ ; & \text{falls die (s,S)-Politik angewendet wird.} \end{cases}$$

1 Vgl. zur Obergrenze mb des Bedarfs Abschnitt 3241.

Insgesamt kann der Zustand Z_i die Werte Z_i = zmin, ... , zmax annehmen.

Die Zustände des Modells am Ende aufeinanderfolgender Teilperioden bilden eine Markov-Kette, deren Obergangswahrscheinlichkeiten[1] sich aus der Bedarfsverteilung einer Teilperiode berechnen lassen.

Beispiel:

Es wird die Politik der Vorgehensweise 1 mit XK=4 und XQ=20 angewendet. Wie groß ist die Wahrscheinlichkeit, daß der Zustand Z_i = - 4 in den Zustand Z_{i+1} = 15 übergeht? Wegen Z_i = - 4 ist der Lagerbestand am Ende der i-ten Teilperiode gleich Null. Wegen XK = 4 > 0 wird eine Bestellung von XQ = 20 Mengeneinheiten aufgegeben. Folglich gilt xa_{i+1} = 20. Wegen $Z_{i+1} = xa_{i+1} - B_{i+1} = 20 - B_{i+1}$ (vgl. (1)) ist Z_{i+1} = 15 gleichbedeutend mit B_{i+1} = 5, d.h. die Obergangswahrscheinlichkeit ist $W(B_{i+1} = 5)$.

Die Matrix der Obergangswahrscheinlichkeit[2] wird mit $P = (p_{ij})$, i = zmin , ... , zmax, j = zmin, ... , zmax, bezeichnet[3].

Gegeben sei ein beliebiger Vektor

$$W = (w_{zmin}, \cdots , w_{zmax})$$

mit

$$0 \leq w_i \leq 1 \quad \text{für } i = zmin, \ldots , zmax \text{ und}$$

$$w_{zmin} + \ldots + w_{zmax} = 1.$$

Durch wiederholte Multiplikation des Vektors W mit der Matrix P kann iterativ die Grenzverteilung des Modellzustandes am Ende einer Teilperiode approximiert werden[4]. $\bar{W} = (\bar{w}_{zmin}, \ldots , \bar{w}_{zmax})$ sei der Vektor, der die Grenzverteilung beschreibt[5]. Die Komponenten des Vektors $\bar{W}$ haben folgende Bedeu-

---

1 Vgl. zu den Übergangswahrscheinlichkeiten einer Markov-Kette R.A. Howard (1971), S. 4 ff.

2 Vgl. ebenda, S. 5.

3 Vgl. zur Berechnung der Matrix P die Unterprogramme INIT und INIS des Computerprogramms KOS.

4 Vgl. das Unterprogramm ITE des Programms KOS.

5 Das beschriebene Iterationsverfahren konvergiert nicht ohne weiteres gegen einen eindeutig bestimmten Vektor $\bar{W}$, vgl. auch R.A. Howard (1971), S. 15 ff. Die Konvergenz hängt vielmehr von der Matrix P und damit von der Verteilung des Bedarfs einer Teilperiode ab. Bei der Berechnung der Beispiele der Abschnitte 3234., 3342. und 325. mit Hilfe des Programms KOS ergab sich, daß die Poisson-Verteilungen, durch die in den Beispielen der Bedarf einer Teilperiode beschrieben worden ist, bei einer Anwendung des dargestellten Iterationsverfahrens zu einer eindeutig bestimmten, vom Startvektor W unabhängigen Grenzverteilung $\bar{W}$ führten. Vgl. zur Eindeutigkeit

Forts. d. Fußn. s. nächste Seite.

tung: $\bar{w}_j$ gibt die Wahrscheinlichkeit an, daß bei langfristiger Betrachtung der Modellzustand am Ende einer Teilperiode gleich j ist. Mit Hilfe des Vektors $\bar{W}$ können die durchschnittlichen Kosten pro Teilperiode berechnet werden[1], die sich langfristig ergeben[2].

Berechnung der durchschnittlichen Fehlmengenkosten pro Teilperiode ($\overline{CF}$):

Wenn der Modellzustand am Ende einer Teilperiode gleich $j<0$ ist, sind in der Periode -j Fehlmengen aufgetreten. Durch Summation und Gewichtung ergeben sich die erwarteten Fehlmengen pro Teilperiode (EF):

$$(3) \qquad EF = \sum_{j=zmin}^{-1} -j \cdot \bar{w}_j \; /\bar{}ME/PE_/.$$

$\overline{CF}$ wird durch Multiplikation von EF mit dem Fehlmengenkostensatz berechnet:

$$(4) \qquad \overline{CF} = EF \cdot cf.$$

Berechnung der durchschnittlichen Bestellkosten pro Teilperiode ($\overline{CB}$):

Es sei

$$(5) \qquad kr = \begin{cases} XK, & \text{wenn die Politik der Vorgehensweise 1 angewendet wird.} \\ s, & \text{wenn die (s,S)-Politik angewendet wird.} \end{cases}$$

---

der Grenzverteilung auch die hinreichende Bedingung in G. Hadley, T.M. Whitin (1963), S. 128, 129. Die Unabhängigkeit der Grenzverteilung vom Startvektor W hat folgende anschauliche Bedeutung: Das langfristige Modellverhalten, insbesondere die durchschnittlichen Kosten pro Teilperiode bei langfristiger Betrachtung, sind unabhängig vom Modellzustand am Anfang des Planungszeitraums.

1 Vgl. zur Berechnung der Kosten aus der Grenzverteilung das Unterprogramm KOST des Computerprogramms KOS.

2 Die hier verwendete Technik, die darin besteht, unter bestimmten Bedingungen die Grenzverteilung der Modellzustände zu berechnen, hat in der Lagerhaltungstheorie eine große Bedeutung, da sie sowohl zur Berechnung der erwarteten Kosten, als auch zur Ableitung einer Bestellpolitik eingesetzt werden kann. Vgl. zur Anwendung dieser Technik auf Lagerhaltungsmodelle z.B. G. Hadley, T.M. Whitin (1963), S. 245 ff., M.K. Starr, D.W. Miller (1962), S. 130 ff.

Am Anfang einer Teilperiode wird eine Bestellung aufgegeben, wenn der Lagerbestand am Ende der Vorperiode kleiner als kr ist. Es wird vorausgesetzt, daß kr $\geq$ 1 gilt, damit in jedem Fall bei einem Lagerbestand von Null eine Bestellung aufgegeben wird[1]. Der Lagerbestand ist am Ende einer Teilperiode i genau dann kleiner als kr, wenn Z_i kleiner als kr ist. Für die Wahrscheinlichkeit PB, daß am Anfang einer Teilperiode eine Bestellung aufgegeben wird, gilt folglich

$$(6) \qquad PB = \sum_{j=zmin}^{kr-1} \bar{w}_j \ .$$

Die erwartete Anzahl der Bestellungen pro Teilperiode (EB) ist gleich PB $\cdot$ 1/PE. $\overline{CB}$ ergibt sich durch Multiplikation von EB mit dem Bestellkostensatz cb:

$$(7) \qquad \overline{CB} = EB \cdot cb.$$

Berechnung der durchschnittlichen Lagerhaltungskosten pro Teilperiode ($\overline{CL}$):

Zunächst wird dargestellt, wie die bei der Anwendung der Politik der Vorgehensweise 1 entstehenden durchschnittlichen Lagerhaltungskosten berechnet werden.

Wenn am Anfang einer Teilperiode keine Bestellung aufgegeben wird, ist der Lagerbestand der Teilperiode gleich dem Lagerbestand am Ende der Vorperiode. Für die durchschnittlichen Lagerhaltungskosten $\overline{CL}_1$ einer Teilperiode, die ohne Berücksichtigung einer eventuellen Bestellung und Lieferung am Anfang der Teilperiode entstehen, gilt folglich

$$(8) \qquad \overline{CL}_1 = \sum_{j=1}^{zmax} \bar{w}_j \cdot j \cdot ME \cdot cl.$$

Wenn eine Bestellung aufgegeben wird, erhöhen sich der Lagerbestand um XQ und die Lagerhaltungskosten um XQ $\cdot$ cl. Die Wahrscheinlichkeit einer Bestellung am Anfang einer Teilperiode ist gleich PB (vgl. (6)). Für $\overline{CL}$ ergibt sich die Beziehung

---

1 In den berechneten Beispielen war die Bedingung kr$\geq$1 immer erfüllt. Vgl. auch Abschnitt 3233.

(9) $$\overline{CL} = \overline{CL}_1 + PB \cdot XQ \cdot cl.$$

Bei der Anwendung der (s,S)-Politik wird am Anfang einer Teilperiode keine Bestellung aufgegeben, wenn der Lagerbestand am Ende der Vorperiode zwischen s und S liegt. Ist dagegen der Lagerbestand am Ende der Vorperiode kleiner als s, wird das Lager durch eine Bestellung auf S Mengeneinheiten aufgefüllt. Es folgt für $\overline{CL}$ die Gleichung

(10) $$\overline{CL} = \overline{/} \sum_{j=s}^{S} \bar{w}_j \cdot j \; \overline{/ME/}/ \cdot cl + PB \cdot S \cdot cl.$$

```
C                                                                       MAIN0010
C     PROGRAMM  KOS                                                     MAIN0020
C                                                                       MAIN0030
C     BERECHNUNG DER LANGFRISTIG ZU ERWARTENDEN LAGERKOSTEN PRO         MAIN0040
C     PERIODE, WENN EINE TWO-BIN-POLITIK UND WENN EINE S-S-POLITIK      MAIN0050
C     ANGEWENDET WIRD. DIE PARAMETER DER TWO-BIN-POLITIK WERDEN         MAIN0060
C     NACH DER VORGEHENSWEISE 1 BERECHNET. DIE PARAMETER DER            MAIN0070
C     S-S-POLITIK MUESSEN EINGEGEBEN WERDEN. SIE KOENNEN MIT            MAIN0080
C     HILFE DES PROGRAMMS POL BERECHNET WERDEN.                         MAIN0090
C                                                                       MAIN0100
C     ANGEWENDETE METHODE:                                              MAIN0110
C     DURCH WIEDERHOLTE MULTIPLIKATION DES VEKTORS V MIT DER MATRIX     MAIN0120
C     DER UEBERGANGSWAHRSCHEINLICHKEITEN (=P(I,J)) WIRD ITERATIV DIE    MAIN0130
C     GRENZVERTEILUNG DES LAGERBESTANDES AM ENDE EINER PERIODE          MAIN0140
C     APPROXIMIERT.                                                     MAIN0150
C     ABBRUCHKRITERIUM:                                                 MAIN0160
C     DIE ITERATION BRICHT AB, WENN DIE VERAENDERUNG DER BESTELL-,      MAIN0170
C     LAGERHALTUNGS- UND FEHLMENGENKOSTEN IN 5 ITERATIONSSCHRITTEN      MAIN0180
C     SO KLEIN IST, DASS DIE SUMME DER QUADRATE DER AENDERUNGEN         MAIN0190
C     KLEINER ALS 1.E-8 IST.                                            MAIN0200
C                                                                       MAIN0210
      REAL  V(100), P(100,100)                                          MAIN0220
      LOGICAL  FER,FORT                                                 MAIN0230
      COMMON  /CC/ CL,CF,CB  /CEW/ EW  /CV/ V  /CP/ P  /CNF/ NF,NV      MAIN0240
     *  /CNO/ NK,NQ  /CSF/ SL,SF,SB  /CFER/ FER,FORT  /CIT/ ITERA       MAIN0250
     *  /CPO/ NS1,NS2                                                  MAIN0260
C                                                                       MAIN0270
C     BESCHREIBUNG DER PARAMETER                                        MAIN0280
C                                                                       MAIN0290
C     CL - LAGERHALTUNGSKOSTENSATZ                                      MAIN0300
C     CF - FEHLMENGENKOSTENSATZ                                         MAIN0310
C     CB - BESTELLKOSTENSATZ                                            MAIN0320
C     EW - ERWARTUNGSWERT DES BEDARFS EINER PERIODE                     MAIN0330
C     V - VERTEILUNG DES BEDARFS EINER PERIODE                          MAIN0340
C         SPAETER: GRENZVERTEILUNG DES LAGERBESTANDES AM ENDE EINER     MAIN0350
C         PERIODE                                                       MAIN0360
C     NK - MELDEMENGE                                                   MAIN0370
C     NQ - BESTELLMENGE                                                 MAIN0380
C     P(I,J) - WAHRSCHEINLICHKEIT, DASS DER ZUSTAND I IN DEN ZUSTAND    MAIN0390
C         J UEBERGEHT                                                   MAIN0400
C     FER - FER=TRUE BEI ABBRUCH DES PROGRAMMS                          MAIN0410
C     ITERA - ANZAHL DER DURCHGEFUEHRTEN ITERATIONEN                    MAIN0420
C     NS1,NS2 - PARAMETER DER S-S-POLITIK                               MAIN0430
C                                                                       MAIN0440
      FER=.FALSE.                                                       MAIN0450
    3 CALL LESEN                                                        MAIN0460
      IF(FER) GOTO 99                                                   MAIN0470
      CALL INIT                                                         MAIN0480
    4 CALL KOST                                                         MAIN0490
      SL1=SL                                                            MAIN0500
      SF1=SF                                                            MAIN0510
      SB1=SB                                                            MAIN0520
      DO 1 I=1,50                                                       MAIN0530
      ITERA=ITERA+5                                                     MAIN0540
      CALL ITE(5)                                                       MAIN0550
      CALL KOST                                                         MAIN0560
      R=(SL1-SL)**2+(SF1-SF)**2+(SB1-SB)**2                             MAIN0570
      IF(R.LT.1.E-8) GOTO 2                                             MAIN0580
      SL1=SL                                                            MAIN0590
      SF1=SF                                                            MAIN0600
      SB1=SB                                                            MAIN0610
    1 CONTINUE                                                          MAIN0620
    2 CALL NORM(S)                                                      MAIN0630
      CALL KOST                                                         MAIN0640
      SG=SL+SF+SB                                                       MAIN0650
      WRITE(6,101) SL,SF,SB,SG                                          MAIN0660
      WRITE(6,100) S,R,ITERA                                            MAIN0670
      WRITE(6,105)                                                      MAIN0680
      K=(NV-1)/10+1                                                     MAIN0690
      NA=1                                                              MAIN0700
      NG=10                                                             MAIN0710
      DO 6 I=1,K                                                        MAIN0720
      IF(I.EQ.K) NG=NV                                                  MAIN0730
      WRITE(6,104) (V(J),J=NA,NG)                                       MAIN0740
      NA=NA+10                                                          MAIN0750
    6 NG=NG+10                                                          MAIN0760
      IF(FORT) GOTO 5                                                   MAIN0770
      WRITE(7,102) CL,CF,CB,EW,NK,NQ,SL,SF,SB,SG                        MAIN0780
      CALL INIS                                                         MAIN0790
      GOTO 4                                                            MAIN0800
    5 WRITE(7,103) CL,CF,CB,EW,NS1,NS2,SL,SF,SB,SG                      MAIN0810
      GOTO 3                                                            MAIN0820
```

```
  100  FORMAT('0',' S=',E16.6,' R=',E16.6,'  ITERATIONEN:',I4)                  MAIN0830
  101  FORMAT('0',10X,'LAGERKOSTEN:',F10.4,' FEHLMENGENKOSTEN:',               MAIN0840
     *  F10.4,'  BESTELLKOSTEN:',F10.4/                                       MAIN0850
     *  11X,'LAGERHALTUNGSKOSTEN:',F10.4)                                     MAIN0860
  102  FORMAT('TOBI',4F6.3,2I3,4E11.5)                                        MAIN0870
  103  FORMAT(' S=S',4F6.3,2I3,4E11.5)                                        MAIN0880
  104  FORMAT(5X,10E12.5)                                                     MAIN0890
  105  FORMAT('0',10X,'GRENZVERTEILUNG:'/)                                    MAIN0900
   99  STOP                                                                   MAIN0910
       END                                                                    MAIN0920


       SUBROUTINE LESEN                                                       LESE0010
C                                                                             LESE0020
C      EIN- UND AUSGABE DER PROBLEMDATEN                                      LESE0030
C                                                                             LESE0040
       LOGICAL  FER                                                           LESE0050
       COMMON  /CC/ CL,CF,CB  /CEW/ EW  /CFER/ FER  /CPO/ NS1,NS2             LESE0060
       READ(5,101,END=99) CL,CF,CB,EW,NS1,NS2                                 LESE0070
       WRITE(6,100)                                                           LESE0080
       WRITE(6,102) CL,CF,CB,EW                                               LESE0090
       RETURN                                                                 LESE0100
   99  FER=.TRUE.                                                             LESE0110
  100  FORMAT('-'/'-',10X,10('*'),10X,'DIE EINGABEDATEN DES PROBLEMS',        LESE0120
     *  10X,10('*'))                                                          LESE0130
  101  FORMAT(4F10.5,2I5)                                                     LESE0140
  102  FORMAT('0',10X,'LAGERKOSTENSATZ:',F10.2,                               LESE0150
     *    5X,'FEHLMENGENKOSTENSATZ:',F6.2,                                   LESE0160
     *    5X,'BESTELLKOSTEN:',F12.2/                                         LESE0170
     *  11X,'ERWARTUNGSWERT DES BEDARFS EINER PERIODE:',F6.2)                LESE0180
       RETURN                                                                 LESE0190
       END                                                                    LESE0200


       SUBROUTINE INIT                                                        INIT0010
C                                                                             INIT0020
C      INITIALISIERUNGEN FUER TWO-BIN-POLITIK                                 INIT0030
C                                                                             INIT0040
       LOGICAL  FER,FORT                                                      INIT0050
       REAL  V(100), P(100,100)                                               INIT0060
       COMMON  /CV/ V  /CNF/ NF,NV  /CNQ/ NK,NQ  /CEW/ EW  /CC/ CL,CF,CB      INIT0070
     *  /CP/ P  /CIT/ ITERA  /CFER/ FER,FORT                                   INIT0080
       WRITE(6,101)                                                           INIT0090
       FORT=.FALSE.                                                           INIT0100
C                                                                             INIT0110
C      BERECHNUNG DER POISSON-VERTEILUNG                                      INIT0120
C                                                                             INIT0130
       ITERA=0                                                                INIT0140
       V(1)=EXP(-EW)                                                          INIT0150
       DO 1 I=2,100                                                           INIT0160
       V(I)=V(I-1)*EW/(I-1)                                                   INIT0170
       IF(V(I).GT.1.E-4) GOTO 1                                               INIT0180
       NV=I                                                                   INIT0190
       GOTO 2                                                                 INIT0200
   1   CONTINUE                                                               INIT0210
       NV=100                                                                 INIT0220
   2   CALL NORM(S)                                                           INIT0230
       WRITE(6,100) NV,S                                                      INIT0240
C                                                                             INIT0250
C      INITIALISIERUNG VON NK UND NQ                                          INIT0260
C                                                                             INIT0270
       NQ=SQRT(2*EW*CB/CL)+1                                                  INIT0280
       SK=1.-CL*NQ/(EW*CF)                                                    INIT0290
       S=0.                                                                   INIT0300
       DO 3 I=1,NV                                                            INIT0310
       S=S+V(I)                                                               INIT0320
       IF(S.LT.SK) GOTO 3                                                     INIT0330
       NK=I-1                                                                 INIT0340
       GOTO 4                                                                 INIT0350
   3   CONTINUE                                                               INIT0360
   4   LMIN=NK-NV+1                                                           INIT0370
       LMAX=NK+NQ-1                                                           INIT0380
       LZ=LMAX-LMIN+1                                                         INIT0390
       WRITE(6,104) LMIN,LMAX,LZ,NK,NQ                                        INIT0400
C                                                                             INIT0410
C      INITIALISIERUNG VON P                                                  INIT0420
C                                                                             INIT0430
       IF(LMIN.GT.0) GOTO 5                                                   INIT0440
       N=1-LMIN                                                               INIT0450
       DO 6 I=1,N                                                             INIT0460
       DO 6 J=1,LZ                                                            INIT0470
```

```
      LJ=J+LMIN-1                                                       INIT0480
      IF( (LJ.LT.NQ-NV+1) .OR. (LJ.GT.NQ) )  GOTO 7                     INIT0490
      P(I,J)=V(NQ-LJ+1)                                                 INIT0500
      GOTO 6                                                            INIT0510
 7    P(I,J)=0.                                                         INIT0520
 6    CONTINUE                                                          INIT0530
 5    NK1=NK-1                                                          INIT0540
      IF(NK1.EQ.0) GOTO 8                                               INIT0550
      DO 9 I=1,NK1                                                      INIT0560
      DO 9 J=1,LZ                                                       INIT0570
      IF( (J.LT.I+NQ-NK+1) .OR. (J.GT.I+NQ-NK+NV) )  GOTO 10            INIT0580
      P(I+N,J)=V(I+NQ-NK+NV+1-J)                                        INIT0590
      GOTO 9                                                            INIT0600
 10   P(I+N,J)=0.                                                       INIT0610
 9    CONTINUE                                                          INIT0620
 8    DO 11 I=1,NQ                                                      INIT0630
      DO 11 J=1,LZ                                                      INIT0640
      IF( (J.LT.I) .OR. (J.GT.I+NV-1) )  GOTO 12                        INIT0650
      P(I+NV-1,J)=V(I-J+NV)                                             INIT0660
      GOTO 11                                                           INIT0670
 12   P(I+NV-1,J)=0.                                                    INIT0680
 11   CONTINUE                                                          INIT0690
C                                                                       INIT0700
C     INITIALISIERUNG DER ANFANGSVERTEILUNG                             INIT0710
C                                                                       INIT0720
      NF=-LMIN                                                          INIT0730
      NV=LZ                                                             INIT0740
      N1=1-LMIN                                                         INIT0750
      IF(N1.GE.1) GOTO 14                                               INIT0760
      N1=1                                                              INIT0770
      GOTO 16                                                           INIT0780
 14   DO 15 I=1,N1                                                      INIT0790
 15   V(I)=0.                                                           INIT0800
      N1=N1+1                                                           INIT0810
 16   N2=LZ-NQ                                                         INIT0820
      S=2./(NQ+NQ+N2-N1)                                                INIT0830
      S1=1./(N2-N1+1)                                                   INIT0840
      DO 17 I=N1,N2                                                     INIT0850
 17   V(I)=S*S1*(I-N1+1)                                                INIT0860
      N2=N2+1                                                           INIT0870
      DO 18 I=N2,LZ                                                     INIT0880
 18   V(I)=S                                                            INIT0890
      CALL NORM(S)                                                      INIT0900
      WRITE(6,102) S                                                    INIT0910
 102  FORMAT(11X,'S=',F10.5)                                            INIT0920
 100  FORMAT('0',10X,'NV=',I3,' S=',F8.5)                               INIT0930
 101  FORMAT('0',40X,'TWO-BIN-POLITIK')                                 INIT0940
 104  FORMAT(11X,'LMIN=',I3,' LMAX=',I3,' LZ=',I3,' NK=',I3,' NQ=',I4)  INIT0950
 99   RETURN                                                            INIT0960
      END                                                               INIT0970
```

```
      SUBROUTINE INIS                                                   INIS0010
C                                                                       INIS0020
C     INITIALISIERUNGEN FUER S-S-POLITIK                                INIS0030
C                                                                       INIS0040
      LOGICAL  FER,FORT                                                 INIS0050
      REAL  V(100), P(100,100)                                          INIS0060
      COMMON  /CFER/ FER,FORT  /CV/ V  /CP/ P  /CPO/ NS1,NS2            INIS0070
     *  /CIT/ ITERA  /CNF/ NF,NV  /CEW/ EW                             INIS0080
      WRITE(6,100)                                                      INIS0090
      FORT=.TRUE.                                                       INIS0100
      ITERA=0                                                           INIS0110
      V(1)=EXP(-EW)                                                     INIS0120
      DO 1 I=2,100                                                      INIS0130
      V(I)=V(I-1)*EW/(I-1)                                              INIS0140
      IF(V(I).GT.1.E-4) GOTO 1                                          INIS0150
      NV=I                                                              INIS0160
      GOTO 2                                                            INIS0170
 1    CONTINUE                                                          INIS0180
      NV=100                                                            INIS0190
 2    CALL NORM(S)                                                      INIS0200
C                                                                       INIS0210
C     INITIALISIERUNG VON P                                             INIS0220
C                                                                       INIS0230
      LMIN=NS1-NV+1                                                     INIS0240
      LMAX=NS2                                                          INIS0250
      LZ=LMAX-LMIN+1                                                    INIS0260
      WRITE(6,101) LMIN,LMAX,LZ,NS1,NS2                                 INIS0270
      N=NV-1                                                            INIS0280
      DO 3 I=1,N                                                        INIS0290
      N1=LZ-NV                                                          INIS0300
```

```
      DO 4 J=1,N1                                                       INIS0310
    4 P(I,J)=0.                                                         INIS0320
      DO 5 J=1,NV                                                       INIS0330
    5 P(I,LZ+1-J)=V(J)                                                  INIS0340
    3 CONTINUE                                                          INIS0350
      N=LZ-N                                                            INIS0360
      DO 6 I=1,N                                                        INIS0370
      DO 6 J=1,LZ                                                       INIS0380
      IF( (I+NV-1.LT.J).OR.(I.GT.J) )  GOTO 7                           INIS0390
      P(I+NV-1,J)=V(I+NV-J)                                             INIS0400
      GOTO 6                                                            INIS0410
    7 P(I+NV-1,J)=0.                                                    INIS0420
    6 CONTINUE                                                          INIS0430
C                                                                       INIS0440
C     INITIALISIERUNG DER ANFANGSVERTEILUNG                             INIS0450
C                                                                       INIS0460
      NV=LZ                                                             INIS0470
      N1=1-LMIN                                                         INIS0480
      IF(N1.GE.1) GOTO 8                                                INIS0490
      N1=1                                                              INIS0500
      GOTO 9                                                            INIS0510
    8 DO 10 I=1,N1                                                      INIS0520
   10 V(I)=0.                                                           INIS0530
      N1=N1+1                                                           INIS0540
    9 N2=LZ-NS2+NS1                                                     INIS0550
      DO 11 I=N1,N2                                                     INIS0560
   11 V(I)=I-N1+1                                                       INIS0570
      N2=N2+1                                                           INIS0580
      DO 12 I=N2,LZ                                                     INIS0590
   12 V(I)=N2-N1+1                                                      INIS0600
      CALL NORM(S)                                                      INIS0610
      WRITE(6,102) S                                                    INIS0620
      NF=-LMIN                                                          INIS0630
  100 FORMAT('0',40X,'S-S-POLITIK')                                     INIS0640
  101 FORMAT(11X,'LMIN=',I3,' LMAX=',I3,' LZ=',I3,' NS1=',I3,' NS2=',I3) INIS0650
  102 FORMAT(11X,'S=',F10.5)                                            INIS0660
      RETURN                                                            INIS0670
      END                                                               INIS0680


      SUBROUTINE KOST                                                   KOST0010
C                                                                       KOST0020
C     BERECHNUNG DER LAGERKOSTEN BEI GEGEBENER VERTEILUNG DES           KOST0030
C     LAGERBESTANDES                                                    KOST0040
C                                                                       KOST0050
      LOGICAL  FER,FORT                                                 KOST0060
      REAL  V(100)                                                      KOST0070
      COMMON  /CC/ CL,CF,CB  /CV/ V  /CNF/ NF,NV  /CNQ/ NK,NQ           KOST0080
     *  /CSF/ SL,SF,SB  /CFER/ FER,FORT  /CPO/ NS1,NS2                  KOST0090
      SF=0.                                                             KOST0100
      SB=0.                                                             KOST0110
      IF(NF.LE.0) GOTO 1                                                KOST0120
C                                                                       KOST0130
C     BERECHNUNG DER FEHLMENGENKOSTEN                                   KOST0140
C                                                                       KOST0150
      DO 2 I=1,NF                                                       KOST0160
    2 SF=SF+V(I)*(NF+1-I)                                               KOST0170
      SF=SF*CF                                                          KOST0180
    1 IF(FORT) GOTO 5                                                   KOST0190
C                                                                       KOST0200
C     BERECHNUNG DER BESTELLKOSTEN (TWO-BIN-POLITIK)                    KOST0210
C                                                                       KOST0220
      N1=NK+NF                                                          KOST0230
      DO 4 I=1,N1                                                       KOST0240
    4 SB=SB+V(I)                                                        KOST0250
      SL=SB*NQ                                                          KOST0260
      SB=SB*CB                                                          KOST0270
C                                                                       KOST0280
C     BERECHNUNG DER LAGERHALTUNGSKOSTEN (TWO-BIN-POLITIK)              KOST0290
C                                                                       KOST0300
      N1=NF+2                                                           KOST0310
      DO 3 I=N1,NV                                                      KOST0320
    3 SL=SL+V(I)*(I-NF-1)                                               KOST0330
      SL=SL*CL                                                          KOST0340
      RETURN                                                            KOST0350
    5 SL=0.                                                             KOST0360
C                                                                       KOST0370
C     BERECHNUNG DER LAGERHALTUNGSKOSTEN (S-S-POLITIK)                  KOST0380
C                                                                       KOST0390
      DO 6 I=NS1,NS2                                                    KOST0400
    6 SL=SL+I*V(NV-NS2+I)                                               KOST0410
      N=NV-NS2+NS1-1                                                    KOST0420
```

```
C                                                                       KOST0430
C     BERECHNUNG DER BESTELLKOSTEN (S-S-POLITIK)                        KOST0440
C                                                                       KOST0450
      DO 8 I=1,N                                                        KOST0460
 8    SB=SB+V(I)                                                        KOST0470
      SL=SL+SB*NS2                                                      KOST0480
      SL=SL*CL                                                          KOST0490
      SB=SB*CB                                                          KOST0500
      RETURN                                                            KOST0510
      END                                                               KOST0520


      SUBROUTINE ITE(N)                                                 ITE00010
C                                                                       ITE00020
C     DURCHFUEHRUNG VON N ITERATIONEN                                   ITE00030
C                                                                       ITE00040
      REAL  V(100), P(100,100), A(100)                                  ITE00050
      REAL*8  S                                                         ITE00060
      COMMON  /CV/ V  /CP/ P  /CNF/ NF,NV                               ITE00070
      DO 3 K=1,N                                                        ITE00080
      DO 4 J=1,NV                                                       ITE00090
      S=0                                                               ITE00100
      DO 1 I=1,NV                                                       ITE00110
 1    S=S+V(I)*P(I,J)                                                   ITE00120
 4    A(J)=S                                                            ITE00130
      DO 2 I=1,NV                                                       ITE00140
 2    V(I)=A(I)                                                         ITE00150
 3    CONTINUE                                                          ITE00160
      RETURN                                                            ITE00170
      END                                                               ITE00180


      SUBROUTINE NORM(S)                                                NORM0010
C                                                                       NORM0020
C     NORMIERUNG DES VEKTORS V                                          NORM0030
C                                                                       NORM0040
      REAL*8  T                                                         NORM0050
      REAL  V(100)                                                      NORM0060
      COMMON  /CV/ V  /CNF/ NF,NV                                       NORM0070
      T=0                                                               NORM0080
      DO 1 I=1,NV                                                       NORM0090
 1    T=T+V(I)                                                          NORM0100
      S=T                                                               NORM0110
      T=1/T                                                             NORM0120
      DO 2 I=1,NV                                                       NORM0130
 2    V(I)=V(I)*T                                                       NORM0140
      RETURN                                                            NORM0150
      END                                                               NORM0160
```

Anhang II: Die Ergebnisse weiterer Simulationsläufe und eine kommentierte Liste des Simulationsprogramms

Auf den nächsten 3 Seiten sind die Ergebnisse von 3 Simulationsläufen auf der Grundlage der im Abschnitt 3461. angegebenen Datensituation abgebildet. Bei den Simulationsläufen wurden jeweils unterschiedliche Zufallszahlen verwendet. Ein Vergleich der Ergebnisse zeigt: Der Simulationszeitraum von 15 Jahren ist zwar nicht lang genug, um die durchschnittlichen jährlichen Kosten exakt zu berechnen, doch reicht die Genauigkeit der Ergebnisse aus, um einen realistischen Eindruck von der Größenordnung der verschiedenen Kosten zu vermitteln.

Im Anschluß an die Simulationsergebnisse folgt eine kommentierte Liste des Simulationsprogramms.

S I M U L A T I O N S E R G E B N I S S E

DIE ANZAHL DER SIMULIERTEN EREIGNISSE BETRAEGT 69927
RELEVANTE BELEGUNG: IM SIMULATIONSZEITRAUM WURDEN 1178 RELEVANTE PATIENTEN EINGELIEFERT
BEI DER BEHANDLUNG DER RELEVANTEN PATIENTEN WURDEN 52772 PFLEGETAGE GELEISTET

UEBERBLICK UEBER DIE UMSAETZE UND LAGERKOSTEN DER PRAEPARATE

NR. DES PRAEP.	BEZ. DES PRAEPARATS	BESTELLTE PACKUNGEN	FMGEN (ME)	VPT (ME)	UMS (DM)	BKO (DM)	LKO (DM)	FKOF (DM)	FKOV (DM)	SKO (DM)	NOPT (KP)	NMEL (ME)
1	DIGAMP1	48	20	313.9	188.32	8.00	11.02	4.00	0.60	23.62	4	4
2	DIGAMP2	95	4	626.3	450.91	12.67	16.51	2.00	0.14	31.32	5	7
3	DIGITA1	60	18	1976.9	177.92	8.00	10.40	2.00	0.08	20.48	5	18
4	DIGITA2	108	0	3492.9	307.38	12.00	12.41	0.0	0.0	24.41	6	30
5	ANTIKAM	250	11	248.8	3234.40	33.33	50.18	2.67	7.15	93.33	5	6
6	ANTITA1	60	0	3836.1	786.41	13.33	28.94	0.0	0.0	42.27	3	33
7	ANTITA2	68	27	1118.9	255.12	11.33	10.33	4.00	0.31	25.97	5	12
8	PLASEX1	2716	1	1801.7	37836.40	129.33	190.91	0.67	1.05	321.96	14	38
9	PLASEX2	2590	10	1719.7	36114.40	123.33	194.99	1.33	10.50	330.16	14	38
10	ANTIBIOAM1	602	10	993.5	9537.27	57.33	103.79	2.67	4.80	168.59	7	28
11	ANTIBIOAM2	1666	13	2763.9	14372.10	79.33	114.12	1.33	3.38	198.17	14	70
12	ANTIBIOTA	39	16	1294.4	2459.36	26.00	44.68	2.00	1.52	74.20	1	18
13	DIURAM1	170	11	1126.3	1351.60	22.67	28.91	1.33	0.66	53.57	5	25
14	DIURAM2	130	44	4303.7	4734.03	43.33	55.07	2.00	2.42	102.82	2	67
15	DIURATA	166	4	5469.9	7439.01	55.33	66.28	0.67	0.27	122.55	2	54
16	KORTISAM1	60	30	395.0	10072.50	40.00	140.08	5.33	38.25	223.66	1	13
17	KORTISAM2	14	69	97.9	2495.60	9.33	125.23	14.00	87.97	236.54	1	1
18	KORTISATA	99	7	3202.9	2113.89	22.00	46.52	0.67	0.23	69.41	3	39
19	SEDATIVAM1	16	13	951.6	161.77	5.33	15.91	1.33	0.11	22.69	2	7
20	SEDATIVAM2	34	7	2248.3	382.21	11.33	15.48	2.00	0.06	28.88	2	23
21	SEDATIVAM3	20	24	6647.5	797.70	13.33	26.68	2.00	0.14	42.16	1	58
22	ANTIKAM	1043	18	693.6	26356.80	99.33	224.52	2.67	34.20	360.72	7	32
				SUMME:	161624.69	836.00	1532.93	54.67	193.85	2617.45		

ERKLAERUNG DER ABKUERZUNGEN:
FMGEN - ANZAHL DER IM SIMULATIONSZEITRAUM DURCH EINE EILBESTELLUNG BESCHAFFTEN ME DES PRAEPARATS
VPT - DURCHSCHN. VERBRAUCH DES PRAEPARATS PRO JAHR
UMS - DURCHSCHN. UMSATZ DES PRAEPARATS PRO JAHR
BKO - DURCHSCHN. BESTELLKOSTEN PRO JAHR
LKO - DURCHSCHN. LAGERHALTUNGSKOSTEN PRO JAHR
FKOF - DURCHSCHN.. DURCH DIE FIXEN KOSTEN DER EILBESTELLUNGEN VERURSACHTEN FEHLMENGENKOSTEN PRO JAHR
FKOV - DURCHSCHN.. DURCH VERTEUERUNG VERURSACHTE FEHLMENGENKOSTEN PRO JAHR
SKO - DURCHSCHN. LAGERKOSTEN PRO JAHR. SKO = BKO + LKO + FKOF + FKOV
NOPT - BESTELLMENGE IN KLINIKPACKUNGEN, BERECHNET NACH DER VORGEHENSWEISE 1
NMEL - MELDEMENGE, BERECHNET NACH DER VORGEHENSWEISE 1

DIE ANZAHL DER SIMULIERTEN EREIGNISSE BETRAEGT 74026
RELEVANTE BELEGUNG: IM SIMULATIONSZEITRAUM WURDEN 1252 RELEVANTE PATIENTEN EINGELIEFERT
BEI DER BEHANDLUNG DER RELEVANTEN PATIENTEN WURDEN 56004 PFLEGETAGE GELEISTET

UEBERBLICK UEBER DIE UMSAETZE UND LAGERKOSTEN DER PRAEPARATE

NR. DES PRAEP.	BEZ. DES PRAEPARATS	BESTELLTE PACKUNGEN	EMGEN (ME)	VPT (ME)	UMS (DM)	BKO (DM)	LKO (DM)	FKOF (DM)	FKOV (DM)	SKO (DM)	NOPT (KP)	NMEL (ME)
1	DIGAMP1	49	10	314.4	188.64	8.00	11.55	2.67	0.30	22.52	4	4
2	DIGAMP2	105	19	678.5	488.50	14.00	15.48	4.67	0.68	34.83	5	8
3	DIGITA1	60	12	1976.5	177.89	8.00	10.27	1.33	0.05	19.65	5	16
4	DIGITA2	120	22	3819.3	336.10	13.33	12.43	2.00	0.10	27.86	7	32
5	ANTIKAM	270	12	270.4	3515.20	36.00	49.92	4.67	7.80	98.39	5	6
6	ANTITA1	63	0	4043.5	828.91	14.00	28.24	0.0	0.0	42.24	3	35
7	ANTITA2	68	26	1095.3	249.74	11.33	11.00	2.67	0.30	25.30	5	12
8	PLASLX1	2856	11	1901.0	39921.00	136.00	192.77	1.33	11.55	341.65	15	39
9	PLASEX2	2772	0	1843.9	38722.60	132.00	191.45	0.0	0.0	323.45	14	36
10	ANTIBIOAM1	686	15	1141.1	10954.87	65.33	91.04	2.67	7.20	166.24	7	29
11	ANTIBIOAM2	1848	11	3073.7	15983.06	88.00	111.05	0.67	2.86	202.58	15	68
12	ANTIBIOTA	41	14	1349.2	2563.48	27.33	45.41	0.67	1.33	74.74	1	18
13	DIURAM1	170	58	1129.6	1355.52	22.67	31.20	4.00	3.48	61.35	5	24
14	DIURAM2	142	64	4689.3	5158.19	47.33	53.98	3.33	3.52	108.17	2	70
15	DIURATA	174	0	5795.9	7882.37	58.00	65.82	0.0	0.0	123.82	2	56
16	KORTISAM1	63	15	413.8	10551.89	42.00	137.70	3.33	19.13	202.16	1	13
17	KORTISAM2	15	60	99.4	2534.70	10.00	117.35	12.00	76.50	215.85	1	1
18	KORTISATA	105	13	3413.1	2252.62	23.33	45.87	2.00	0.43	71.64	3	38
19	SEDATIVAM1	15	17	1059.9	180.18	5.33	16.70	3.33	0.14	25.51	2	10
20	SEDATIVAM2	32	21	2064.5	350.97	10.67	15.90	1.33	0.18	28.07	2	22
21	SEDATIVAM3	23	12	7348.8	881.86	15.33	27.20	1.33	0.07	43.94	1	62
22	ANTIKAM	1127	18	746.4	28363.20	107.33	224.20	2.00	34.20	367.73	7	36
				SUMME:	173441.12	895.33	1506.54	56.00	169.82	2627.69		

ERKLAERUNG DER ABKUERZUNGEN:
EMGEN = ANZAHL DER IM SIMULATIONSZEITRAUM DURCH EINE EILBESTELLUNG BESCHAFFTEN ME DES PRAEPARATS
VPT = DURCHSCHN. VERBRAUCH DES PRAEPARATS PRO JAHR
UMS = DURCHSCHN. UMSATZ DES PRAEPARATS PRO JAHR
BKO = DURCHSCHN. BESTELLKOSTEN PRO JAHR
LKO = DURCHSCHN. LAGERHALTUNGSKOSTEN PRO JAHR
FKOF = DURCHSCHN., DURCH DIE FIXEN KOSTEN DER EILBESTELLUNGEN VERURSACHTEN FEHLMENGENKOSTEN PRO JAHR
FKOV = DURCHSCHN., DURCH VERTEUERUNG VERURSACHTE FEHLMENGENKOSTEN PRO JAHR
SKO = DURCHSCHN. LAGERKOSTEN PRO JAHR, SKO = BKO + LKO + FKOF + FKOV
NOPT = BESTELLMENGE IN KLINIKPACKUNGEN, BERECHNET NACH DER VORGEHENSWEISE 1
NMEL = MELDEMENGE, BERECHNET NACH DER VORGEHENSWEISE 1

S I M U L A T I O N S E R G E B N I S S E

DIE ANZAHL DER SIMULIERTEN EREIGNISSE BETRAEGT 75335
RELEVANTE BELEGUNG: IM SIMULATIONSZEITRAUM WURDEN 1266 RELEVANTE PATIENTEN EINGELIEFERT
BEI DER BEHANDLUNG DER RELEVANTEN PATIENTEN WURDEN 56837 PFLEGETAGE GELEISTET

UEBERBLICK UEBER DIE UMSAETZE UND LAGERKOSTEN DER PRAEPARATE

NR. DES PRAEP.	BEZ. DES PRAEPARATS	BESTELLTE PACKUNGEN	FMGEN (ME)	VPT (ME)	UMS (DM)	BKO (DM)	LKO (DM)	FKOF (DM)	FKOV (DM)	SKO (DM)	NOPT (KP)	NMEL (ME)
1	DIGAMP1	52	20	335.9	201.52	8.67	10.77	4.00	0.60	24.04	4	4
2	DIGAMP2	105	2	677.2	487.58	14.00	16.36	0.67	0.07	31.10	5	8
3	DIGITA1	65	4	2098.0	188.82	8.67	10.47	0.67	0.02	19.82	5	20
4	DIGITA2	114	0	3790.0	333.52	12.67	12.55	0.0	0.0	25.21	7	32
5	ANTIKAM	280	10	279.2	3629.60	37.33	48.45	4.00	6.50	96.28	5	6
6	ANTITA1	69	0	4400.3	902.07	15.33	28.17	0.0	0.0	43.51	3	38
7	ANTITA2	60	20	941.7	214.70	10.00	10.54	3.33	0.23	24.10	4	10
8	PLASEX1	2912	17	1935.9	40654.60	138.67	192.08	1.33	17.85	349.93	15	38
9	PLASEX2	2786	11	1854.1	38935.40	132.67	194.87	2.00	11.55	341.09	15	39
10	ANTIBIOAM1	574	6	953.7	9155.84	54.67	99.36	0.67	2.88	157.58	6	27
11	ANTIBIOAM2	1764	22	2926.1	15215.55	84.00	110.96	0.67	5.72	201.35	15	74
12	ANTIBIOTA	42	22	1368.2	2599.58	28.00	45.37	2.67	2.09	78.13	1	18
13	DIURAM1	180	69	1181.9	1418.24	24.00	30.50	4.67	4.14	63.30	5	27
14	DIURAM2	142	19	4713.0	5184.30	47.33	54.34	0.67	1.05	103.39	2	70
15	DIURATA	178	0	5888.0	8007.67	59.33	66.38	0.0	0.0	125.71	2	58
16	KORTISAM1	63	27	419.1	10687.89	42.00	144.87	5.33	34.42	226.63	1	13
17	KORTISAM2	14	38	90.3	2303.50	9.33	120.26	8.67	48.45	186.71	1	1
18	KORTISATA	105	33	3450.7	2277.44	23.33	46.73	2.00	1.09	73.15	3	41
19	SEDATIVAM1	14	2	868.8	147.70	4.67	15.75	1.33	0.02	21.77	2	7
20	SEDATIVAM2	36	1	2383.5	405.20	12.00	16.70	0.67	0.01	29.37	2	25
21	SEDATIVAM3	23	0	7381.7	885.80	15.33	28.32	0.0	0.0	43.65	1	62
22	ANTIKAM	1176	14	781.2	29685.60	112.00	224.51	2.67	26.60	365.78	7	36
				SUMME:	173521.69	894.00	1528.31	46.00	163.28	2631.59		

ERKLAERUNG DER ABKUERZUNGEN:
FMGEN - ANZAHL DER IM SIMULATIONSZEITRAUM DURCH EINE EILBESTELLUNG BESCHAFFTEN ME DES PRAEPARATS
VPT - DURCHSCHN. VERBRAUCH DES PRAEPARATS PRO JAHR
UMS - DURCHSCHN. UMSATZ DES PRAEPARATS PRO JAHR
BKO - DURCHSCHN. BESTELLKOSTEN PRO JAHR
LKO - DURCHSCHN. LAGERHALTUNGSKOSTEN PRO JAHR
FKOF - DURCHSCHN.. DURCH DIE FIXEN KOSTEN DER EILBESTELLUNGEN VERURSACHTEN FEHLMENGENKOSTEN PRO JAHR
FKOV - DURCHSCHN.. DURCH VERTEUERUNG VERURSACHTE FEHLMENGENKOSTEN PRO JAHR
SKO - DURCHSCHN. LAGERKOSTEN PRO JAHR. SKO = BKO + LKO + FKOF + FKOV
NOPT - BESTELLMENGE IN KLINIKPACKUNGEN. BERECHNET NACH DER VORGEHENSWEISE 1
NMEL - MELDEMENGE. BERECHNET NACH DER VORGEHENSWEISE 1

```
C                                                                       MAIN0010
C     PROGRAMM SP                                                       MAIN0020
C     SIMULATION DER ARZNEIMITTELVERSORGUNG IM KRANKENHAUS              MAIN0030
C                                                                       MAIN0040
      REAL  PP(50), GEBISU(50)                                          MAIN0050
      INTEGER  BESTA(50), VEBA(50)                                      MAIN0060
      INTEGER*2  VERW(20,2), KAMER(20,3), BEHA(40,48), HV(21),          MAIN0070
     *  APA(30), HAND(100,3), PAPA(50,4), BELEG(80,25), EREIG(100,6),   MAIN0080
     *  BEST(50), PFE(50), PFEH(50), TEIL(6000), HTEIL(50), TANA(50)    MAIN0090
      LOGICAL  KANA(20,3), ARNA(30,3), PRANA(50,3), PRAFE(50),          MAIN0100
     *  FAIL, ERSATZ, OUTE                                              MAIN0110
      COMMON /CNA/KANA,ARNA,PRANA /CN/NKRA,NARZ,NPRA /CNASE/NASE,IFLE   MAIN0120
     *  /CKRA/ VERW,KAMER  /CHV/ HV,BEHA  /CNJA/ NJA,NLAUF  /CPP/ PP    MAIN0130
     *  /CNBENO/ NBENO,BELEG  /CEREIG/ EREIG  /CFAIL/ FAIL              MAIN0140
     *  /CNP/ NP  /CNPO/ NPOINT  /CNZZ/ NZZ  /CINV/ INV  /CERSA/ ERSATZ MAIN0150
     *  /CNX/ NX  /CAPA/ APA,HAND  /CBESTA/ VEBA,BESTA  /CPAPA/ PAPA    MAIN0160
     *  /CGE/ GEBISU  /CPFE/ PFE,PFEH  /CCB/ CB,CFF,Q,LIE,REFE          MAIN0170
     *  /COU/ OUTE,NLZ,NHI  /CTEIL/ TEIL,HTEIL,LISA,KU  /CTANA/ TANA    MAIN0180
     *  /CPRAFE/ PRAFE                                                  MAIN0190
C                                                                       MAIN0200
C     ****************************************                          MAIN0210
C     DIE MODELLDATEN                                                   MAIN0220
C     ****************************************                          MAIN0230
C                                                                       MAIN0240
C                                                                       MAIN0250
C     EINFACHE VARIABLE                                                 MAIN0260
C                                                                       MAIN0270
C     NJA - DER SIMULATIONSZEITRAUM BETRAEGT NJA JAHRE                  MAIN0280
C     NKRA - ANZAHL DER BERUECKSICHTIGTEN KRANKHEITEN                   MAIN0290
C     NARZ - ANZAHL DER BERUECKSICHTIGTEN ARZNEIMITTEL                  MAIN0300
C     NPRA - ANZAHL DER BERUECKSICHTIGTEN PRAEPARATE                    MAIN0310
C     CB - VERRECHNETE BESTELLKOSTEN                                    MAIN0320
C     CFF - FIXE KOSTEN EINER EILBESTELLUNG                             MAIN0330
C     Q - ZINSSATZ IN PROZENT PRO JAHR                                  MAIN0340
C     LIE - LIEFERFRIST IN TAGEN                                        MAIN0350
C     REFE - VERTEUERUNG EINES PRAEPARATS BEI EINER EILBESTELLUNG       MAIN0360
C         IN PROZENT                                                    MAIN0370
C     ERSATZ - ERSATZ=TRUE, FALLS BEIM AUFTRETEN VON FEHLMENGEN         MAIN0380
C         EIN ERSATZ VON PRAEPARATEN VERSUCHT WERDEN SOLL, SONST        MAIN0390
C         ERSATZ=FALSE                                                  MAIN0400
C                                                                       MAIN0410
C     BESCHREIBUNG DER ARRAYS                                           MAIN0420
C                                                                       MAIN0430
C                                                                       MAIN0440
C     KRANKHEITEN                                                       MAIN0450
C                                                                       MAIN0460
C     KANA(I,*) - BEZEICHNUNG DER I-TEN KRANKHEIT                       MAIN0470
C     VERW(I,1) - DURCHSCHNITTLICHE VERWEILDAUER DER I-TEN KRANKHEIT    MAIN0480
C         IN TAGEN                                                      MAIN0490
C     VERW(I,2) - SCHWANKUNG DER VERWEILDAUER DER I-TEN KRANKHEIT       MAIN0500
C     KAMER -                                                           MAIN0510
C       KAMER(I,1) - ANZAHL DER ARZNEIMITTEL, MIT DENEN DIE I-TE        MAIN0520
C           KRANKHEIT NORMAL BEHANDELT WIRD                             MAIN0530
C       KAMER(I,2) - ANZAHL DER ARZNEIMITTEL, MIT DENEN EINE SONDER-    MAIN0540
C           BEHANDLUNG DER I-TEN KRANKHEIT DURCHGEFUEHRT WIRD           MAIN0550
C       KAMER(I,3) - DURCHSCHNITTLICHE AUFTRETENSHAEUFIGKEIT PRO JAHR   MAIN0560
C     HV - HV(I) IST DIE STELLE, WO AUF BEHA DIE BEHANDLUNG DER I-TEN   MAIN0570
C           KRANKHEIT GESPEICHERT IST                                   MAIN0580
C     BEHA -                                                            MAIN0590
C       BEHA(J,*) - GILT HV(I) <= J < HV(I+1), SO BEZIEHT SICH DIE      MAIN0600
C           BEHANDLUNG AUF DIE I-TE KRANKHEIT                           MAIN0610
C       BEHA(J,48) - NUMMER DES ARZNEIMITTELS                           MAIN0620
C       BEHA(J,47) - WAHRSCHEINLICHKEIT EINER BEHANDLUNG MIT DEM MIT-   MAIN0630
C           TEL IN PROZENT                                              MAIN0640
C       BEHA(J,46) - SCHWANKUNG DER TAEGLICHEN BEHANDLUNG MIT DEM       MAIN0650
C           MITTEL IN ME                                                MAIN0660
C           BEI NORMALER BEHANDLUNG:                                    MAIN0670
C       BEHA(J,1-45) - BEHANDLUNG MIT DEM MITTEL AN DEN TAGEN 0-44 NACH MAIN0680
C           DER EINLIEFERUNG                                            MAIN0690
C           BEI SONDERBEHANDLUNG:                                       MAIN0700
C       BEHA(J,45) - LAENGE DER BEHANDLUNGSINTERVALLE                   MAIN0710
C       BEHA(J,44) - ANZAHL DER BEHANDLUNGSINTERVALLE                   MAIN0720
C       BEHA(J,1-43) - BEHANDLUNG MIT DEM MITTEL IN DEN INTERVALLEN     MAIN0730
C           1-43                                                        MAIN0740
C                                                                       MAIN0750
C     ARZNEIMITTEL                                                      MAIN0760
C                                                                       MAIN0770
C     ARNA(I,1-3) - BEZEICHNUNG DES I-TEN ARZNEIMITTELS                 MAIN0780
C     APA(I) - ANZAHL DER PRAEPARATE, DIE DAS I-TE ARZNEIMITTEL         MAIN0790
C           ENTHALTEN                                                   MAIN0800
C     HAND -                                                            MAIN0810
C       NACH DER TRANSFORMATION VON APA: HAND(APA(I),1),.....           MAIN0820
```

```
C           HAND(APA(I+1)-1,1) - PRAEPARATE, DIE DAS I-TE ARZNEIMITTEL    MAIN0830
C           ENTHALTEN.                                                    MAIN0840
C           HAND(I,2) - WAHRSCHEINLICHKEIT, DASS DAS PRAEPARAT            MAIN0850
C           HAND(I,1) EINGESETZT WIRD, IN PROZENT.                        MAIN0860
C           HAND(I,3) - ANZAHL DER ME DES MITTELS PRO ME DES PRAEPARATS   MAIN0870
C           HAND(I,1)                                                     MAIN0880
C                                                                         MAIN0890
C     PRAEPARATE                                                          MAIN0900
C                                                                         MAIN0910
C     PRANA(I,1-3) - BEZEICHNUNG DES I-TEN PRAEPARATS                     MAIN0920
C     PAPA(I,1) - KLINIKPACKUNG:  MENGENEINHEITEN                         MAIN0930
C     PAPA(I,2) - KLINIKPACKUNG: PREIS IN 10 PF                           MAIN0940
C     PAPA(I,3-4) - TWO-BIN-BESTELLPOLITIK                                MAIN0950
C     PP(I) - PREIS EINER ME DES I-TEN PRAEPARATS IN 10 PF                MAIN0960
C                                                                         MAIN0970
C     ****************************************                            MAIN0980
C     DER ZUSTAND DES MODELLS                                             MAIN0990
C     ****************************************                            MAIN1000
C                                                                         MAIN1010
C                                                                         MAIN1020
C     EINFACHE VARIABLE                                                   MAIN1030
C                                                                         MAIN1040
C     NBEND - ANZAHL DER IM KRANKENHAUS LIEGENDEN PATIENTEN               MAIN1050
C     NASE - ANZAHL DER IM SIMULATIONSZEITRAUM EINGELIEFERTEN PATIENTEN   MAIN1060
C     IFLE - ANZAHL DER IM SIMULATIONSZEITRAUM GELEISTETEN PFLEGETAGE     MAIN1070
C                                                                         MAIN1080
C     ARRAYS                                                              MAIN1090
C                                                                         MAIN1100
C     BESTA(I) - LAGERBESTAND DES I-TEN PRAEPARATS IN ME                  MAIN1110
C     VEBA(I) - ANZAHL DER INSGESAMT BESTELLTEN KLINIKPACKUNGEN DES       MAIN1120
C         I-TEN PRAEPARATS                                                MAIN1130
C     PFE(I) - ANZAHL DER BEIM I-TEN PRAEPARAT AUFGETRETENEN FEHLM.       MAIN1140
C     PFEH(I) - HAEUFIGKEIT DES AUFTRETENS EINER FEHLMENGE BEIM           MAIN1150
C         I-TEN PRAEPARAT                                                 MAIN1160
C     GEBISU(I) - AUFSUMMIERTE, DURCH DAS I-TE PRAEPARAT VERURSACH-       MAIN1170
C         TE KAPITALBINDUNG IN 10*PF*TAG                                  MAIN1180
C     BELEG - BELEGUNG DES KRANKENHAUSES                                  MAIN1190
C         BELEG(I,1) - NR. DER KRANKHEIT                                  MAIN1200
C         BELEG(I,2) - NR. DES BEHANDLUNGSTAGES                           MAIN1210
C         BELEG(I,3) - KONKRETE VERWEILDAUER                              MAIN1220
C         BELEG(I,4) - KONKRETE ANZAHL DER MITTEL, MIT DENEN DER PATIENT  MAIN1230
C             (NORMAL) BEHANDELT WIRD                                     MAIN1240
C         BELEG(I,5-20) - MITTEL UND PRAEPARATE, MIT DENEN DIE            MAIN1250
C             BEHANDLUNG ERFOLGT                                          MAIN1260
C           BELEG(I,J)/100 - NR. DES PRAEPARATS                           MAIN1270
C           BELEG(I,J)-BELEG(I,J)/100*100 - INDEX IN BEHA, WO DIE         MAIN1280
C             BEHANDLUNG GESPEICHERT IST                                  MAIN1290
C         BELEG(I,21) - ANZAHL DER MITTEL DER SONDERBEHANDLUNG            MAIN1300
C         BELEG(I,22-25) - MITTEL UND PRAEPARATE, MIT DENEN EINE          MAIN1310
C             SONDERBEHANDLUNG ERFOLGT                                    MAIN1320
C     PRAFE(I) - PRAFE(I) IST AM ENDE EINES TAGES GLEICH TRUE, FALLS      MAIN1330
C         IM LAUFE DES TAGES EINE FEHLMENGE DES I-TEN PRAEPARATS          MAIN1340
C         AUFGETRETEN IST                                                 MAIN1350
C                                                                         MAIN1360
C     ****************************************                            MAIN1370
C     PROGRAMMINTERNE GROESSEN                                            MAIN1380
C     ****************************************                            MAIN1390
C                                                                         MAIN1400
C     EINFACHE VARIABLE                                                   MAIN1410
C                                                                         MAIN1420
C     FAIL - FAIL=.TRUE. BEI ABBRUCH DES PROGRAMMS                        MAIN1430
C     NPOINT - POINTER                                                    MAIN1440
C     INY - ZAHL ZUR ERZEUGUNG VON ZUFALLSZAHLEN                          MAIN1450
C     NZZ - ANZAHL DER SIMULIERTEN EREIGNISSE                             MAIN1460
C     LISA - VERBRAUCHTER SPEICHERPLATZ IN TEIL                           MAIN1470
C                                                                         MAIN1480
C     ARRAYS                                                              MAIN1490
C                                                                         MAIN1500
C                                                                         MAIN1510
C     EREIG - EREIGNISKALENDER                                            MAIN1520
C        EREIG(I,1) - EREIGNISART                                         MAIN1530
C        EREIG(I,2) - VORGAENGER                                          MAIN1540
C        EREIG(I,3) - NACHFOLGER                                          MAIN1550
C        EREIG(I,4) - ZEITPUNKT DES EREIGNISSES                           MAIN1560
C        EREIG(I,5) - ATTRIBUT 1                                          MAIN1570
C        EREIG(I,6) - ATTRIBUT 2                                          MAIN1580
C     TEIL,HTEIL - AUF TEIL(HTEIL(1)),....,TEIL(HTEIL(1+1)-1) WIRD DIE    MAIN1590
C         VERTEILUNG DER NACHFRAGE NACH DEM I-TEN PRAEPARAT GESPEICHERT   MAIN1600
C     TANA(I),KU - AKKUMULIERTE NACHFRAGE NACH DEM I-TEN PRAEPARAT        MAIN1610
C         IN DEN KU VORRAUSGEGANGENEN STUNDEN DER SIMULATION              MAIN1620
C                                                                         MAIN1630
C                                                                         MAIN1640
C                                                                         MAIN1650
      CALL LESEN
```

```
      CALL INIT                                                         MAIN1660
      CALL SIMUL                                                        MAIN1670
      CALL AUSGA                                                        MAIN1680
      STOP                                                              MAIN1690
      END                                                               MAIN1700


      SUBROUTINE LESEN                                                  LESE0010
C                                                                       LESE0020
C     EIN- UND AUSGABE ALLER PROGRAMMRELEVANTER DATEN                   LESE0030
C                                                                       LESE0040
      INTEGER  BESTA(50), VEBA(50)                                      LESE0050
      INTEGER*2 VERW(20,2), KAMER(20,3), HV(21), BEHA(40,48), WW(4,3),  LESE0060
     *  APA(30), HAND(100,3), PAPA(50,4)                                LESE0070
      LOGICAL  KANA(20,3), ARNA(30,3), PRANA(50,3), ZA(3), ZK(20),      LESE0080
     *  FK, FA, FP, ERSATZ                                            LESE0090
      COMMON  /CN/  NKRA,NARZ,NPRA  /CNA/ KANA,ARNA,PRANA               LESE0100
     *  /CKRA/ VERW,KAMER  /CHV/ HV,BEHA  /CAPA/ APA,HAND  /CPAPA/ PAPA LESE0110
     *  /CBESTA/ VEBA,BESTA  /CNJA/ NJA  /CINY/ INY                    LESE0120
     *  /CCB/ CB,CFF,Q,LIE,REFE  /CERSA/ ERSATZ                        LESE0130
C                                                                       LESE0140
C     EIN- UND AUSGABE VON DATEN ZUM PROGRAMMABLAUF                     LESE0150
C                                                                       LESE0160
      WRITE(6,124)                                                      LESE0170
      READ(5,101) NJA,INY                                               LESE0180
      WRITE(6,131) INY                                                  LESE0190
      READ(5,101) I1,I2,I3                                              LESE0200
      FP=I1.EQ.1                                                        LESE0210
      FA=I2.EQ.1                                                        LESE0220
      FK=I3.EQ.1                                                        LESE0230
C                                                                       LESE0240
C     ****************************************                          LESE0250
C     EIN- UND AUSGABE DER MODELLDATEN                                  LESE0260
C     ****************************************                          LESE0270
C                                                                       LESE0280
      WRITE(6,100)                                                      LESE0290
      READ(5,101)NKRA,NARZ,NPRA                                         LESE0300
      WRITE(6,102) NKRA,NARZ,NPRA                                       LESE0310
C                                                                       LESE0320
C     EIN- UND AUSGABE DER PRAEPARATDATEN                               LESE0330
C                                                                       LESE0340
      IF(FP) WRITE(6,122)                                               LESE0350
      READ(5,127) I1,I2                                                 LESE0360
      IF( (I1.NE.0) .OR. (I2.NE.0) ) WRITE(6,130)                       LESE0370
      DO 5 I=1,NPRA                                                     LESE0380
      READ(5,118) (PRANA(I,J),J=1,3),(ZA(J),J=1,3),(PAPA(I,J),J=1,4)    LESE0390
      READ(5,121) (ZK(J),J=1,20)                                        LESE0400
      IF(.NOT.FP) GOTO 5                                                LESE0410
      S=PAPA(I,2)                                                       LESE0420
      S=S*.1                                                            LESE0430
      WRITE(6,119) I,(PRANA(I,J),J=1,3),(ZA(J),J=1,3),(ZK(J),J=1,20),   LESE0440
     *  PAPA(I,1),S,PAPA(I,3),PAPA(I,4)                                 LESE0450
    5 CONTINUE                                                          LESE0460
C                                                                       LESE0470
C     EIN- UND AUSGABE DER ARZNEIMITTELDATEN                            LESE0480
C                                                                       LESE0490
      IF(FA) WRITE(6,115)                                               LESE0500
      READ(5,127) I1,I2                                                 LESE0510
      IF( (I1.NE.0) .OR. (I2.NE.0) ) WRITE(6,130)                       LESE0520
      NI=0                                                              LESE0530
      DO 3 I=1,NARZ                                                     LESE0540
      READ(5,114) (ARNA(I,J),J=1,3),(ZA(J),J=1,3),APA(I),               LESE0550
     *  ((WW(J,K),K=1,3),J=1,4)                                         LESE0560
      READ(5,121) (ZK(J),J=1,20)                                        LESE0570
      N=APA(I)                                                          LESE0580
      IF(.NOT.FA) GOTO 9                                                LESE0590
      WRITE(6,116) I,(ARNA(I,J),J=1,3),(ZA(J),J=1,3),(ZK(J),J=1,20)     LESE0600
      WRITE(6,117)                                                      LESE0610
      DO 6 J=1,N                                                        LESE0620
    6 WRITE(6,123) WW(J,1),(PRANA(WW(J,1),K),K=1,3),WW(J,2),WW(J,3)     LESE0630
    9 DO 4 J=1,N                                                        LESE0640
      NI=NI+1                                                           LESE0650
      HAND(NI,1)=WW(J,1)                                                LESE0660
      HAND(NI,2)=WW(J,2)                                                LESE0670
      HAND(NI,3)=WW(J,3)                                                LESE0680
    4 CONTINUE                                                          LESE0690
    3 CONTINUE                                                          LESE0700
C                                                                       LESE0710
C     EIN- UND AUSGABE DER KRANKHEITSDATEN                              LESE0720
C                                                                       LESE0730
      IF(FK) WRITE(6,120)                                               LESE0740
      READ(5,127) I1,I2                                                 LESE0750
```

```
      IF( (I1.NE.0) .OR. (I2.NE.0) ) WRITE(6,130)                       LESE0760
      NI=0                                                              LESE0770
      DO 1 I=1,NKRA                                                     LESE0780
      READ(5,103) (KANA(I,J),J=1,3),VERW(I,1),VERW(I,2),                LESE0790
     *   (KAMER(I,J),J=1,3)                                             LESE0800
      IF(.NOT.FK) GOTO 8                                                LESE0810
      WRITE(6,104) I,(KANA(I,J),J=1,3)                                  LESE0820
      WRITE(6,108) KAMER(I,3)                                           LESE0830
      N1=VERW(I,1)-VERW(I,2)                                            LESE0840
      N2=VERW(I,1)+VERW(I,2)                                            LESE0850
      WRITE(6,105) VERW(I,1),N1,N2                                      LESE0860
C                                                                       LESE0870
C     NORMALE BEHANDLUNG                                                LESE0880
C                                                                       LESE0890
 8    HV(I)=NI+1                                                        LESE0900
      N=KAMER(I,1)                                                      LESE0910
      IF(FK) WRITE(6,109) N                                             LESE0920
      DO 2 J=1,N                                                        LESE0930
      NI=NI+1                                                           LESE0940
      READ(5,110) (BEHA(NI,K),K=1,24)                                   LESE0950
      READ(5,110)(BEHA(NI,K),K=25,48)                                   LESE0960
      IF(.NOT.FK) GOTO 2                                                LESE0970
      WRITE(6,111) BEHA(NI,48),(ARNA(BEHA(NI,48),K),K=1,3),             LESE0980
     *  BEHA(NI,47),BEHA(NI,46)                                         LESE0990
      NK=VERW(I,1)                                                      LESE1000
      IF(NK.GT.15) NK=15                                                LESE1010
      WRITE(6,129) (K,K=1,NK)                                           LESE1020
      WRITE(6,113) (BEHA(NI,K),K=1,NK)                                  LESE1030
      NK=VERW(I,1)                                                      LESE1040
      IF(NK.LE.15) GOTO 2                                               LESE1050
      IF(NK.GT.30) NK=30                                                LESE1060
      WRITE(6,129) (K,K=16,NK)                                          LESE1070
      WRITE(6,113) (BEHA(NI,K),K=16,NK)                                 LESE1080
      NK=VERW(I,1)                                                      LESE1090
      IF(NK.LE.30) GOTO 2                                               LESE1100
      WRITE(6,129) (K,K=31,NK)                                          LESE1110
      WRITE(6,113) (BEHA(NI,K),K=31,NK)                                 LESE1120
 2    CONTINUE                                                          LESE1130
C                                                                       LESE1140
C     SONDERBEHANDLUNG                                                  LESE1150
C                                                                       LESE1160
      IF(KAMER(I,2).EQ.0) GOTO 1                                        LESE1170
      IF(FK) WRITE(6,106)                                               LESE1180
      N=KAMER(I,2)                                                      LESE1190
      DO 10 J=1,N                                                       LESE1200
      NI=NI+1                                                           LESE1210
      READ(5,110) (BEHA(NI,K),K=1,24)                                   LESE1220
      READ(5,110) (BEHA(NI,K),K=25,48)                                  LESE1230
      IF(.NOT.FK) GOTO 10                                               LESE1240
      WRITE(6,111) BEHA(NI,48),(ARNA(BEHA(NI,48),K),K=1,3),             LESE1250
     *  BEHA(NI,47),BEHA(NI,46)                                         LESE1260
      WRITE(6,107) BEHA(NI,45)                                          LESE1270
      NK=BEHA(NI,44)                                                    LESE1280
      IF(NK.GT.15) NK=15                                                LESE1290
      WRITE(6,112) (K,K=1,NK)                                           LESE1300
      WRITE(6,113) (BEHA(NI,K),K=1,NK)                                  LESE1310
      NK=BEHA(NI,44)                                                    LESE1320
      IF(NK.LE.15) GOTO 10                                              LESE1330
      IF(NK.GT.30) NK=30                                                LESE1340
      WRITE(6,112) (K,K=16,NK)                                          LESE1350
      WRITE(6,113) (BEHA(NI,K),K=16,NK)                                 LESE1360
      NK=BEHA(NI,44)                                                    LESE1370
      IF(NK.LE.30) GOTO 10                                              LESE1380
      WRITE(6,112) (K,K=31,NK)                                          LESE1390
      WRITE(6,113) (BEHA(NI,K),K=31,NK)                                 LESE1400
 10   CONTINUE                                                          LESE1410
 1    CONTINUE                                                          LESE1420
C                                                                       LESE1430
C     EIN- UND AUSGABE DER SONSTIGEN DATEN                              LESE1440
C                                                                       LESE1450
      READ(5,135) CB,CFF,Q,LIE,REFE,IH                                  LESE1460
      ERSATZ=IH.EQ.1                                                    LESE1470
      WRITE(6,136) NJA,CB,Q,CFF,REFE,LIE                                LESE1480
      IF(ERSATZ) WRITE(6,126)                                           LESE1490
      IF(.NOT.ERSATZ) WRITE(6,128)                                      LESE1500
 100  FORMAT('-',20X,'EIN- UND AUSGABE DER DATEN DES SIMULATIONSMODELLS'  LESE1510
     * / 11X,70('*'))                                                   LESE1520
 101  FORMAT(10I5)                                                      LESE1530
 102  FORMAT('-',10X,'ANZAHL DER BERUECKSICHTIGTEN KRANKHEITEN: ',I4/   LESE1540
     *   11X,'ANZAHL DER BERUECKSICHTIGTEN ARZNEIMITTEL:',I4/           LESE1550
     *   11X,'ANZAHL DER BERUECKSICHTIGTEN PRAEPARATE:  ',I4)           LESE1560
 103  FORMAT(3A4,5I5)                                                   LESE1570
 104  FORMAT('-'     ,10X,'NR. DER KRANKHEIT:',I4,'  BEZEICHNUNG DER KRAN  LESE1580
```

```
     *KHEIT: ',3A4)                                                    LESE1590
 105  FORMAT(16X,'DURCHSCHNITTLICHE VERWEILDAUER:',I4,' TAGE'/         LESE1600
     *  16X,'DIE VERWEILDAUER SCHWANKT ZWISCHEN',I4,' -',I4,' TAGEN')  LESE1610
 106  FORMAT('-'/27X,'SONDERBEHANDLUNG DER KRANKHEIT')                  LESE1620
 107  FORMAT(16X,'LAENGE DER BEHANDLUNGSINTERVALLE:',I3,' STUNDEN')     LESE1630
 108  FORMAT('0',15X,'PRO JAHR WERDEN DURCHSCHNITTLICH',I5,' PATIENTEN M LESE1640
     *IT DIESER'/ 15X,' KRANKHEIT IN DAS KRANKENHAUS EINGELIEFERT')     LESE1650
 109  FORMAT('0',15X,'BEHANDLUNG MIT ARZNEIMITTELN:'/                   LESE1660
     *  16X,'ES WERDEN BIS ZU',I3,' VERSCHIEDENE AR ZUR NORMALEN BH VERW LESE1670
     *ENDET')                                                           LESE1680
 110  FORMAT(24I3)                                                      LESE1690
 111  FORMAT('0',15X,'BH MIT AR NR.',I4,5X,'NAME DES AR: ',3A4/         LESE1700
     *  16X,'ANWENDUNGSWAHRSCHEINLICHKEIT:',I4,' PROZENT'/             LESE1710
     *16X,'MAXIMALE ABWEICHUNG DER BEHANDLUNG VOM MITTELWERT:',I4,' ME') LESE1720
 112  FORMAT('0',10X,'BHT:',1514)                                       LESE1730
 113  FORMAT(11X,'BH: ',1514)                                           LESE1740
 114  FORMAT(6A4,I5,4(2I3,I5))                                          LESE1750
 115  FORMAT('-'/'-',28X,'DIE ARZNEIMITTELDATEN DES MODELLS'/           LESE1760
     *  '0',10X,'ABKUERZUNGEN:'/                                       LESE1770
     *  11X,'AR - ARZNEIMITTEL,  PR - PRAEPARAT,  ME - MENGENEINHEIT'/ LESE1780
     *  11X,'AW - ANWENDUNGSWAHRSCHEINLICHKEIT,  AMPMP - ANZAHL DER ME'/ LESE1790
     *  11X,'DES AR PRO ME DES PR,  KOM - KOMMENTAR'/)                  LESE1800
 116  FORMAT('0',10X,'AR NR.',I3,5X,'BZ DES AR: ',3A4,'  BZ DER EINHEIT: LESE1810
     *  ',3A4/  11X,'KOM: ',20A4)                                       LESE1820
 117  FORMAT(11X,'DAS MITTEL IST IN FOLGENDEN PRAEPARATEN ENTHALTEN:')  LESE1830
 118  FORMAT(6A4,4I5)                                                   LESE1840
 119  FORMAT('0',10X,'PR NR.',I3,5X,'NAME DES PR:  ',3A4,' BZ DER EINHEI LESE1850
     *T: ',3A4/  11X,'KOM: ',20A4/                                     LESE1860
     *  11X,'ANZAHL DER EINHEITEN PRO KP:',I5,5X,'PREIS EINER KP:',     LESE1870
     *  F8.2,' DM'/ 11X,'BESTELLPOLITIK:  MELDEMENGE:',I4,'  ME  BESTELL LESE1880
     *MENGE:',I3,' KP')                                                 LESE1890
 120  FORMAT('-'/'-',30X,'DIE KRANKHEITSDATEN DES MODELLS'/             LESE1900
     *  '0',15X,'ABKUERZUNGEN:',/                                      LESE1910
     *  16X,'AR - ARZNEIMITTEL,  BH - BEHANDLUNG'/                     LESE1920
     *  16X,'BHT - BEHANDLUNGSTAG,  BHI - BEHANDLUNGSINTERVALL'/)      LESE1930
 121  FORMAT(20A4)                                                      LESE1940
 122  FORMAT('-'/'-',30X,'DIE PRAEPARATDATEN DES MODELLS'/              LESE1950
     *  '0',10X,'ABKUERZUNGEN:'/                                       LESE1960
     *  11X,'PR - PRAEPARAT,  KP - KLINIKPACKUNG,  BZ - BEZEICHNUNG,'/ LESE1970
     *  11X,'ME - MENGENEINHEIT,  KOM - KOMMENTAR'/)                   LESE1980
 123  FORMAT(11X,'NR. DES PR:',I3,'  NAME: ',3A4,'  AW:',I4,           LESE1990
     *  ' PROZENT  AMPMP:',I4)                                         LESE2000
 124  FORMAT('1',24X,'EIN- UND AUSGABE VON DATEN ZUM PROGRAMMABLAUF')   LESE2010
 126  FORMAT(11X,'BEIM AUFTRETEN VON FEHLMENGEN WIRD EIN PRAEPARATERSATZ LESE2020
     * VERSUCHT'//)                                                    LESE2030
 127  FORMAT(2I4)                                                       LESE2040
 128  FORMAT(11X,'BEIM AUFTRETEN VON FEHLMENGEN IST EIN PRAEPARATERSATZ LESE2050
     *NICHT MOEGLICH'//)                                               LESE2060
 129  FORMAT('0',10X,'BHT:',1514)                                       LESE2070
 130  FORMAT('-',20('*'),' WARNUNG: FALSCHE KONTROLLKARTE GELESEN')     LESE2080
 131  FORMAT('-',10X,'ANFANGSZAHL ZUR ERZEUGUNG VON ZUFALLSZAHLEN IST', LESE2090
     * I6)                                                             LESE2100
 135  FORMAT(3F10.5,I5,F10.5,I5)                                        LESE2110
 136  FORMAT('-'/'-',10X,'SONSTIGE DATEN DES MODELLS'//                 LESE2120
     *  11X,'DER SIMULATIONSZEITRAUM BETRAEGT',I3,' JAHRE'/            LESE2130
     *  11X,'BESTELLKOSTENSATZ:',F6.2,' DM'/                           LESE2140
     *  11X,'ZINSSATZ PRO JAHR ZUR BERECHNUNG'/                        LESE2150
     *  11X,'DER KAPITALBINDUNGSKOSTEN:',F6.2,' PROZENT'/              LESE2160
     *  11X,'FIXE KOSTEN EINER EILBESTELLUNG:',F7.2,' DM'/             LESE2170
     *  11X,'VERTEUERUNG BEI EINER EILBESTELLUNG:',F6.1,' PROZENT'/    LESE2180
     *  11X,'LIEFERFRIST:',I3,' TAGE')                                 LESE2190
      RETURN                                                           LESE2200
      END                                                              LESE2210


      SUBROUTINE INIT                                                  INIT0010
C                                                                      INIT0020
C     INITIALISIERUNGEN UND STARTTRANSFORMATIONEN                      INIT0030
C                                                                      INIT0040
      REAL  PP(50), GEBISU(50)                                         INIT0050
      INTEGER  VEBA(50), BESTA(50)                                     INIT0060
      INTEGER*2  BELEG(80,25), EREIG(100,6), APA(30), PAPA(50,4),      INIT0070
     *  PFE(50), PFEH(50), TEIL(6000), HTEIL(50), TANA(50)             INIT0080
      LOGICAL  FAIL, OUTE, PRAFE(50)                                   INIT0090
      COMMON  /CNAENO/ NAENO,BELEG  /CFAIL/ FAIL  /CNZZ/ NZZ           INIT0100
     *  /CNJA/ NJA,NLAUF  /CNPO/ NPOINT  /CNP/ NP  /CPRAFE/ PRAFE      INIT0110
     *  /CEREIG/ EREIG  /CNX/ NX  /CAPA/ APA  /CN/ NKRA,NARZ,NPRA      INIT0120
     *  /CBESTA/ VEBA,BESTA  /CPP/ PP  /CPAPA/ PAPA  /CGE/ GEBISU      INIT0130
     *  /CPFE/ PFE,PFEH  /CNASE/ NASE,IFLE  /CCB/ CB,CFF,Q,LIE         INIT0140
     *  /COU/ OUTE,NLZ,NHI  /CTEIL/ TEIL,HTEIL,LISA,KU  /CTANA/ TANA   INIT0150
      OUTE=.FALSE.                                                     INIT0160
      DO 1 I=1,100                                                     INIT0170
```

```
1     EREIG(I,1)=0                                                    INIT0180
      DO 4 I=1,80                                                     INIT0190
4     BELEG(I,1)=0                                                    INIT0200
      APA(NARZ+1)=0                                                   INIT0210
      NZ=APA(1)                                                       INIT0220
      APA(1)=1                                                        INIT0230
      DO 2 I=1,NARZ                                                   INIT0240
      NS=APA(I+1)                                                     INIT0250
      APA(I+1)=APA(I)+NZ                                              INIT0260
2     NZ=NS                                                           INIT0270
      DO 3 I=1,NPRA                                                   INIT0280
      S=PAPA(I,2)                                                     INIT0290
      PP(I)=S/PAPA(I,1)                                               INIT0300
      BESTA(I)=0                                                      INIT0310
      PFE(I)=0                                                        INIT0320
      PFEH(I)=0                                                       INIT0330
      GEBISU(I)=0.                                                    INIT0340
      HTEIL(I)=(I-1)*50+1                                             INIT0350
      TANA(I)=0                                                       INIT0360
      PRAFE(I)=.FALSE.                                                INIT0370
3     VEBA(I)=0                                                       INIT0380
      LISA=50*NPRA                                                    INIT0390
      KU=-24                                                          INIT0400
      HTEIL(NPRA+1)=LISA+1                                            INIT0410
      DO 5 I=1,LISA                                                   INIT0420
5     TEIL(I)=0                                                       INIT0430
      NASE=0                                                          INIT0440
      IFLE=0                                                          INIT0450
      NBEND=0                                                         INIT0460
      NAKU=0                                                          INIT0470
      FAIL=.FALSE.                                                    INIT0480
      NLAUF=1                                                         INIT0490
      LIE=LIE*24                                                      INIT0500
      NZZ=0                                                           INIT0510
      NPOINT=1                                                        INIT0520
      NP=1                                                            INIT0530
      NX=1                                                            INIT0540
      EREIG(1,1)=1                                                    INIT0550
      EREIG(1,2)=999                                                  INIT0560
      EREIG(1,3)=1000                                                 INIT0570
      EREIG(1,4)=0                                                    INIT0580
C                                                                     INIT0590
C     DIREKTE EINGABE VON EREIGNISSEN                                 INIT0600
C                                                                     INIT0610
      READ(5,100) N                                                   INIT0620
      IF(N.EQ.0) GOTO 99                                              INIT0630
      WRITE(6,102)                                                    INIT0640
      DO 7 I=1,N                                                      INIT0650
      READ(5,100) I1,I2,I3                                            INIT0660
      WRITE(6,101) I1,I2,I3                                           INIT0670
7     CALL SHII (5,I1,I2,I3)                                          INIT0680
100   FORMAT(3I5)                                                     INIT0690
101   FORMAT(10X,'ZEIT:',I6,' JAHR:',I3,' ATTR.:',I5)                 INIT0700
102   FORMAT('-',20X,'DIREKT EINGEGEBENE EREIGNISSE'/)                INIT0710
99    RETURN                                                          INIT0720
      END                                                             INIT0730


      SUBROUTINE U1                                                   U1000010
C                                                                     U1000020
C     ERZEUGUNG DER NEUEINLIEFERUNGEN                                 U1000030
C     AUFGABE VON BESTELLUNGEN                                        U1000040
C                                                                     U1000050
      REAL  GEBISU(50), PP(50)                                        U1000060
      LOGICAL  PRAFE(50)                                              U1000070
      INTEGER  BESTA(50), VEBA(50)                                    U1000080
      INTEGER*2  BELEG(80,25), KAMER(20,3), VERW(20,2), EREIG(100,6), U1000090
     *  PAPA(50,4), TANA(50), TEIL(6000), HTEIL(50), PFE(50), PFEH(50), U1000100
     *  MW                                                            U1000110
      COMMON  /CNBEND/ NBEND,BELEG  /CKRA/ VERW,KAMER  /CINY/ INY     U1000120
     *  /CN/ NKRA,NARZ,NPRA  /CNPO/ NPOINT  /CEREIG/ EREIG  /CNX/ NX  U1000130
     *  /CPAPA/ PAPA  /CGE/ GEBISU  /CNASE/ NASE  /CPP/ PP            U1000140
     *  /CCB/ CB,CFF,Q,LIE  /CBESTA/ VEBA,BESTA  /CTANA/ TANA /CKAZ/ KAZ U1000150
     *  /CTEIL/ TEIL,HTEIL,LISA,KU  /CPFE/ PFE,PFEH  /CPRAFE/ PRAFE   U1000160
      IZEIT=EREIG(NPOINT,4)                                           U1000170
C                                                                     U1000180
C     ERZEUGUNG DER NEUEINLIEFERUNGEN                                 U1000190
C                                                                     U1000200
      DO 1 I=1,NKRA                                                   U1000210
      SM=KAMER(I,3)                                                   U1000220
      NZ=IKA(SM/365,INY)                                              U1000230
C                                                                     U1000240
```

```
C     NZ IST DIE ANZAHL DER PATIENTEN, DIE AN DEM TAG MIT DER I-TEN      U1000250
C     KRANKHEIT INS KRANKENHAUS KOMMEN                                  U1000260
C                                                                       U1000270
      IF(NZ.EQ.0) GOTO 1                                                U1000280
      NBENO=NBENO+NZ                                                    U1000290
      NASE=NASE+NZ                                                      U1000300
      DO 2 J=1,NZ                                                       U1000310
C                                                                       U1000320
C     ERZEUGUNG DES ZEITPUNKTES DER EINLIEFERUNG                        U1000330
C                                                                       U1000340
      KEIN=IZEIT+RND(INY)*24                                            U1000350
      CALL SHII(2,KEIN,I,0)                                             U1000360
 2    CONTINUE                                                          U1000370
 1    CONTINUE                                                          U1000380
      KU=KU+24                                                          U1000390
      IF(KU.LE.LIE) GOTO 4                                              U1000400
C                                                                       U1000410
C     NACHHALTEN DER NACHFRAGE                                          U1000420
C                                                                       U1000430
      DO 5 I=1,NPRA                                                     U1000440
      IF(HTEIL(I+1)-HTEIL(I).LE.TANA(I)) CALL SCHUB(I)                  U1000450
      L=HTEIL(I)+TANA(I)                                                U1000460
      TEIL(L)=TEIL(L)+1                                                 U1000470
 5    TANA(I)=0                                                         U1000480
      KU=0                                                              U1000490
C                                                                       U1000500
C     BERECHNUNG DER KAPITALBINDUNG                                     U1000510
C     DURCHFUEHRUNGEN DER BESTELLUNGEN                                  U1000520
C     BERUECKSICHTIGUNG DER EILBESTELLUNGEN                             U1000530
C                                                                       U1000540
 4    DO 3 I=1,NPRA                                                     U1000550
      IF(PRAFE(I)) PFEH(I)=PFEH(I)+1                                    U1000560
      PRAFE(I)=.FALSE.                                                  U1000570
      GEBISU(I)=GEBISU(I)+PP(I)*BESTA(I)                                U1000580
      IF(BESTA(I).GE.PAPA(I,3)) GOTO 3                                  U1000590
      PAPA(I,3)=-PAPA(I,3)                                              U1000600
      IPA=PAPA(I,4)                                                     U1000610
      CALL SHII(5,IZEIT+LIE,I,IPA)                                      U1000620
 3    CONTINUE                                                          U1000630
C                                                                       U1000640
C     ERZEUGUNG DES FOLGEEREIGNISSES                                    U1000650
C                                                                       U1000660
      CALL SHII (1,IZEIT+24,0,0)                                        U1000670
      KAZ=IZEIT+22                                                      U1000680
      RETURN                                                            U1000690
      END                                                               U1000700
```

```
      SUBROUTINE U2                                                     U2000010
C                                                                       U2000020
C     EINLIEFERUNG EINES PATIENTEN                                      U2000030
C                                                                       U2000040
      INTEGER*2 BELEG(80,25), VERW(20,2), KAMER(20,3), HV(21),          U2000050
     *  BEHA(40,48), APA(30), HAND(100,3), EREIG(100,6)                 U2000060
      LOGICAL LHL                                                       U2000070
      COMMON  /CNBENO/ NBENO,BELEG  /CNX/ NX  /CKRA/ VERW,KAMER         U2000080
     *  /CINY/ INY  /CHV/ HV,BEHA  /CAPA/ APA,HAND  /CEREIG/ EREIG      U2000090
     *  /CNPO/ NPOINT  /CKAZ/ KAZ                                       U2000100
      LHL=.FALSE.                                                       U2000110
      IZEIT=EREIG(NPOINT,4)                                             U2000120
      I=EREIG(NPOINT,5)                                                 U2000130
C                                                                       U2000140
C     I IST DIE NR. DER KRANKHEIT                                       U2000150
C                                                                       U2000160
 2    NX=NX+1                                                           U2000170
      IF(NX.LE.80) GOTO 1                                               U2000180
      IF(LHL) GOTO 7                                                    U2000190
      NX=0                                                              U2000200
      LHL=.TRUE.                                                        U2000210
      GOTO 2                                                            U2000220
 7    WRITE(6,100)                                                      U2000230
 100  FORMAT('-',20X,20('*'),'  WARNUNG: SPEICHERPLATZ IN BELEG ZU KN.') U2000240
      RETURN                                                            U2000250
 1    IF(BELEG(NX,1).NE.0) GOTO 2                                       U2000260
      BELEG(NX,1)=I                                                     U2000270
      BELEG(NX,2)=1                                                     U2000280
      NS=VERW(I,2)*2+1                                                  U2000290
      NS=RND(INY)*NS                                                    U2000300
      BELEG(NX,3)=VERW(I,1)+NS-VERW(I,2)                                U2000310
C                                                                       U2000320
C     SPEICHERUNG DER BEHANDLUNG                                        U2000330
C     NORMALE BEHANDLUNG:                                               U2000340
```

```
C                                                                       U2000350
      NB=HV(I)-1                                                        U2000360
      KA=0                                                              U2000370
      NG=KAMER(I,1)                                                     U2000380
      DO 3 K=1,NG                                                       U2000390
      NB=NB+1                                                           U2000400
      MW=BEHA(NB,47)                                                    U2000410
C                                                                       U2000420
C     MW IST DIE WAHRSCHEINLICHKEIT EINER BEHANDLUNG MIT DEM MITTEL     U2000430
C     IN PROZENT                                                        U2000440
C                                                                       U2000450
      IF(MW.EQ.100) GOTO 4                                              U2000460
      NS=RND(INY)*100+1                                                 U2000470
      IF(NS.GT.MW) GOTO 3                                               U2000480
C                                                                       U2000490
C     ES ERFOLGT EINE BEHANDLUNG MIT DEM MITTEL                         U2000500
C                                                                       U2000510
 4    KA=KA+1                                                           U2000520
      MA=BEHA(NB,48)                                                    U2000530
C                                                                       U2000540
C     MA IST DIE NR. DES ARZNEIMITTELS                                  U2000550
C                                                                       U2000560
      BELEG(NX,KA+4)=NB                                                 U2000570
C                                                                       U2000580
C     AUSWAHL DES PRAEPARATS                                            U2000590
C                                                                       U2000600
      NS=RND(INY)*100+1                                                 U2000610
      MW=0                                                              U2000620
      NT=APA(MA)                                                        U2000630
 6    MW=MW+HAND(NT,2)                                                  U2000640
      IF(NS.LE.MW) GOTO 5                                               U2000650
      NT=NT+1                                                           U2000660
      GOTO 6                                                            U2000670
 5    BELEG(NX,KA+4) = BELEG(NX,KA+4)+HAND(NT,1)*100                    U2000680
 3    CONTINUE                                                          U2000690
      BELEG(NX,4)=KA                                                    U2000700
      CALL SHII(3,KAZ,NX,0)                                             U2000710
C                                                                       U2000720
C     SONDERBEHANDLUNG                                                  U2000730
C                                                                       U2000740
      NG=KAMER(I,2)                                                     U2000750
      IF(NG.EQ.0) GOTO 99                                               U2000760
      DO 8 K=1,NG                                                       U2000770
      NB=NB+1                                                           U2000780
      MW=BEHA(NB,47)                                                    U2000790
C                                                                       U2000800
C     MW IST DIE WAHRSCHEINLICHKEIT EINER BEHANDLUNG MIT DEM MITTEL     U2000810
C     IN PROZENT                                                        U2000820
C                                                                       U2000830
      IF(MW.EQ.100) GOTO 9                                              U2000840
      NS=RND(INY)*100+1                                                 U2000850
      IF(NS.GT.MW) GOTO 8                                               U2000860
C                                                                       U2000870
C     ES ERFOLGT EINE BEHANDLUNG MIT DEM MITTEL                         U2000880
C     AUSWAHL DES PRAEPARATS:                                           U2000890
C                                                                       U2000900
 9    NS=RND(INY)*100+1                                                 U2000910
      MW=0                                                              U2000920
      NT=APA(BEHA(NB,48))                                               U2000930
 10   MW=MW+HAND(NT,2)                                                  U2000940
      IF(NS.LE.MW) GOTO 11                                              U2000950
      NT=NT+1                                                           U2000960
      GOTO 10                                                           U2000970
 11   IAT1=HAND(NT,1)*100+NB                                            U2000980
      CALL SHII(4,IZEIT,IAT1,1)                                         U2000990
 8    CONTINUE                                                          U2001000
 99   RETURN                                                            U2001010
      END                                                               U2001020


      SUBROUTINE U3                                                     U3000010
C                                                                       U3000020
C     ERZEUGUNG UND DECKUNG DES BEDARFS AN PRAEPARATEN, DER DURCH       U3000030
C     DIE NORMALE BEHANDLUNG EINES PATIENTEN VERURSACHT WIRD.           U3000040
C                                                                       U3000050
      INTEGER*2  BELEG(80,25), EREIG(100,6), HV(21), BEHA(40,48),       U3000060
     *  APA(30), HAND(100,3), PFE(50), VERW(20,2), PFEH(50)             U3000070
      LOGICAL  FAIL                                                     U3000080
      COMMON  /CNBENO/ NBENO,BELEG  /CEREIG/ EREIG  /CNPO/ NPOINT       U3000090
     *  /CHV/ HV,BEHA  /CAPA/ APA,HAND  /CFAIL/ FAIL  /CKRA/ VERW       U3000100
     *  /CNASE/ NASE,IFLE  /CINV/ INY                                   U3000110
      IZEIT=EREIG(NPOINT,4)                                             U3000120
```

```
      IAT=EREIG(NPOINT,5)                                                   U3000130
      IFLE=IFLE+1                                                           U3000140
C                                                                           U3000150
C     ERZEUGUNG DES DURCH DEN PATIENTEN VERURSACHTEN BEDARFS AN             U3000160
C     PRAEPARATEN                                                           U3000170
C                                                                           U3000180
      ITA=BELEG(IAT,2)                                                      U3000190
C                                                                           U3000200
C     ITA IST DIE NR. DES BEHANDLUNGSTAGES                                  U3000210
C                                                                           U3000220
      BELEG(IAT,2)=ITA+1                                                    U3000230
      S=ITA                                                                 U3000240
      ITA=S*VERW(BELEG(IAT,1),1)/BELEG(IAT,3)+.5                            U3000250
C                                                                           U3000260
C     NACHFRAGE NACH ARZNEIMITTELN                                          U3000270
C                                                                           U3000280
      N=BELEG(IAT,4)                                                        U3000290
      DO 2 I=1,N                                                            U3000300
      NAP=BELEG(IAT,4+I)                                                    U3000310
      NPR=NAP/100                                                           U3000320
C                                                                           U3000330
C     NPR IST DIE NR. DES PRAEPARATS                                        U3000340
C                                                                           U3000350
      NAP=NAP-NPR*100                                                       U3000360
      ME=BEHA(NAP,ITA)                                                      U3000370
      IF(ME.EQ.0) GOTO 2                                                    U3000380
      NSW=BEHA(NAP,46)*2+1                                                  U3000390
      NS=RND(INY)*NSW                                                       U3000400
      ME=ME-BEHA(NAP,46)+NS                                                 U3000410
      NZM=BEHA(NAP,48)                                                      U3000420
C                                                                           U3000430
C     NZM IST DIE NR. DES ARZNEIMITTELS                                     U3000440
C                                                                           U3000450
      NT=APA(NZM)                                                           U3000460
 4    IF(HAND(NT,1).EQ.NPR) GOTO 3                                          U3000470
      NT=NT+1                                                               U3000480
      IF(NT.LT.APA(NZM+1)) GOTO 4                                           U3000490
      FAIL=.TRUE.                                                           U3000500
      WRITE(6,100) NZM,NPR                                                  U3000510
 100  FORMAT('-',20X,20('*'),'  FEHLER IN HAND. ARZN. NR.',I5,' PRAEP. N    U3000520
     *R.',I5)                                                               U3000530
      RETURN                                                                U3000540
 3    MEP=HAND(NT,3)                                                        U3000550
      MEP=(ME-1)/MEP+1                                                      U3000560
C                                                                           U3000570
C     BERUECKSICHTIGUNG DES LAGERABGANGS                                    U3000580
C                                                                           U3000590
      CALL ABGANG(MEP,NPR,NZM,ME)                                           U3000600
 2    CONTINUE                                                              U3000610
      IF(BELEG(IAT,2).LE.BELEG(IAT,3)) GOTO 1                               U3000620
C                                                                           U3000630
C     PATIENT WIRD ENTLASSEN                                                U3000640
C                                                                           U3000650
      BELEG(IAT,1)=0                                                        U3000660
      NBEND=NBEND-1                                                         U3000670
      RETURN                                                                U3000680
C                                                                           U3000690
C     ERZEUGUNG DES FOLGEEREIGNISSES                                        U3000700
C                                                                           U3000710
 1    CALL SHII (3,IZEIT+24,IAT,0)                                          U3000720
      RETURN                                                                U3000730
      END                                                                   U3000740



      SUBROUTINE U4                                                         U4000010
C                                                                           U4000020
C     ERZEUGUNG UND DECKUNG DES BEDARFS AN PRAEPARATEN, DER DURCH           U4000030
C     DIE SONDERBEHANDLUNG EINES PATIENTEN VERURSACHT WIRD.                 U4000040
C                                                                           U4000050
C     BEDEUTUNG DER ATTRIBUTE:                                              U4000060
C     ATTR. 1:  ...*100: NR. DES PRAEPARATS, MIT DEM DIE BEHANDLUNG         U4000070
C         ERFOLGT                                                           U4000080
C         ... - ...*100*100:  INDEX IN BEHA                                 U4000090
C     ATTR. 2:  NR. DES BEHANDLUNGSINTERVALLS                               U4000100
C                                                                           U4000110
      INTEGER*2  EREIG(100,6), HV(21), BEHA(40,48), APA(30),                U4000120
     *  HAND(100,3)                                                         U4000130
      LOGICAL  FAIL                                                         U4000140
      COMMON  /CEREIG/ EREIG  /CHV/ HV,BEHA  /CFAIL/ FAIL                   U4000150
     *  /CNPO/ NPOINT  /CAPA/ APA,HAND  /CINY/ INY                          U4000160
      IZEIT=EREIG(NPOINT,4)                                                 U4000170
      IAT=EREIG(NPOINT,5)                                                   U4000180
```

```
      IPR=IAT/100                                                          U4000190
      IAH=IAT-IPR*100                                                      U4000200
      INR=EREIG(NPOINT,6)                                                  U4000210
      ME=BEHA(IAH,INR)                                                     U4000220
      IF(ME.EQ.0) GOTO 1                                                   U4000230
      NSW=BEHA(IAH,46)*2+1                                                 U4000240
      NS=RND(INY)*NSW                                                      U4000250
      ME=ME-BEHA(IAH,46)+NS                                                U4000260
      NZM=BEHA(IAH,48)                                                     U4000270
C                                                                          U4000280
C     NZM IST DIE NR. DES ARZNEIMITTELS                                    U4000290
C                                                                          U4000300
      NT=APA(NZM)                                                          U4000310
    2 IF(HAND(NT,1).EQ.IPR) GOTO 3                                         U4000320
      NT=NT+1                                                              U4000330
      IF(NT.LT.APA(NZM+1)) GOTO 2                                          U4000340
      FAIL=.TRUE.                                                          U4000350
      WRITE(6,100) IPR,NZM                                                 U4000360
  100 FORMAT('-',20X,20('*'),'  FEHLER IN HAND. ARZ. NR.',I5,' PR. NR.',   U4000370
     *  I5)                                                               U4000380
      RETURN                                                               U4000390
    3 MEP=HAND(NT,3)                                                       U4000400
      MEP=(ME-1)/MEP+1                                                     U4000410
C                                                                          U4000420
C     BERUECKSICHTIGUNG DES LAGERABGANGS                                   U4000430
C                                                                          U4000440
      CALL ABGANG(MEP,IPR,NZM,ME)                                          U4000450
C                                                                          U4000460
C     ERZEUGUNG DES FOLGEEREIGNISSES                                       U4000470
C                                                                          U4000480
    1 IF(INR.LT.BEHA(IAH,44)) CALL SHII (4,IZEIT+BEHA(IAH,45),IAT,INR+1)   U4000490
      RETURN                                                               U4000500
      END                                                                  U4000510


      SUBROUTINE U5                                                        U5000010
C                                                                          U5000020
C     LIEFERUNG BESTELLTER PRAEPARATE                                      U5000030
C                                                                          U5000040
      INTEGER  BESTA(50), VEBA(50)                                         U5000050
      INTEGER*2  PAPA(50,4), EREIG(100,6)                                  U5000060
      COMMON  /CBESTA/ VEBA,BESTA  /CPAPA/ PAPA  /CEREIG/ EREIG            U5000070
     *  /CNPO/ NPOINT                                                      U5000080
      I=EREIG(NPOINT,5)                                                    U5000090
      NKL=EREIG(NPOINT,6)                                                  U5000100
      VEBA(I)=VEBA(I)+NKL                                                  U5000110
      BESTA(I)=BESTA(I)+NKL*PAPA(I,1)                                      U5000120
      PAPA(I,3)=-PAPA(I,3)                                                 U5000130
      RETURN                                                               U5000140
      END                                                                  U5000150


      SUBROUTINE U6                                                        U6000010
C                                                                          U6000020
C     STEUERUNG DER EREIGNISAUSGABE                                        U6000030
C                                                                          U6000040
      INTEGER*2  EREIG(100,6)                                              U6000050
      LOGICAL  OUTE                                                        U6000060
      COMMON  /CEREIG/ EREIG  /CNPO/ NPOINT  /COU/ OUTE,NLZ,NHI            U6000070
     *  /CNJA/ NJA,NLAUF                                                   U6000080
      NJ=EREIG(NPOINT,5)                                                   U6000090
      NLZ=EREIG(NPOINT,6)                                                  U6000100
      IF(NLAUF.GE.NJ) GOTO 1                                               U6000110
      IZEIT=EREIG(NPOINT,4)+8760                                           U6000120
      CALL SHII(5,IZEIT,NJ,NLZ)                                            U6000130
      RETURN                                                               U6000140
    1 IF(NLZ.GT.0) GOTO 2                                                  U6000150
      OUTE=.FALSE.                                                         U6000160
      RETURN                                                               U6000170
    2 OUTE=.TRUE.                                                          U6000180
      NHI=0                                                                U6000190
      RETURN                                                               U6000200
      END                                                                  U6000210


      SUBROUTINE AUSGA                                                     AUSG0010
C                                                                          AUSG0020
C     AUSGABE DER SIMULATIONSERGEBNISSE                                    AUSG0030
C                                                                          AUSG0040
      REAL  PP(50), GEBISU(50)                                             AUSG0050
```

```
      INTEGER  BESTA(50), VEBA(50)                                          AUSG0060
      INTEGER*2  PAPA(50,4), PFE(50), PFEH(50), TEIL(6000), HTEIL(50)       AUSG0070
      LOGICAL  KANA(20,3), ARNA(30,3), PRANA(50,3)                          AUSG0080
      COMMON  /CNZZ/ NZZ  /CTEIL/ TEIL,HTEIL  /CBESTA/ VEBA,BESTA           AUSG0090
     *  /CPAPA/ PAPA  /CN/ NKRA,NARZ,NPRA  /CPFE/ PFE,PFEH                 AUSG0100
     *  /CGE/ GEBISU  /CCB/ CB,CFF,Q,LIE,REFE  /CNASE/ NASE,IFLE           AUSG0110
     *  /CNA/ KANA,ARNA,PRANA  /CNTA/ NTA  /CPP/ PP  /CNJA/ NJA            AUSG0120
      SL=1./NJA                                                             AUSG0130
      REFE=REFE*.01                                                         AUSG0140
      WRITE(6,100)                                                          AUSG0150
      WRITE(6,102) NZZ                                                      AUSG0160
C                                                                           AUSG0170
C     AUSGABE DER BELEGUNG DES KRANKENHAUSES                                AUSG0180
C                                                                           AUSG0190
      WRITE(6,101) NASE,IFLE                                                AUSG0200
      WRITE(6,103)                                                          AUSG0210
      SUMS=0.                                                               AUSG0220
      SBKO=0.                                                               AUSG0230
      SLKO=0.                                                               AUSG0240
      SFKOF=0.                                                              AUSG0250
      SFKOV=0.                                                              AUSG0260
C                                                                           AUSG0270
C     AUSGABE DER UMSAETZE UND LAGERHALTUNGSKOSTEN DER PRAEPARATE           AUSG0280
C                                                                           AUSG0290
      DO 1 I=1,NPRA                                                         AUSG0300
      VPT=(VEBA(I)*PAPA(I,1)+PFE(I)-BESTA(I))*SL                            AUSG0310
      UMS=VPT*PP(I)*.1                                                      AUSG0320
C                                                                           AUSG0330
C     BERECHNUNG DER BESTELL- UND MELDEMENGE NACH DER VORGEHENSWEISE 1      AUSG0340
C                                                                           AUSG0350
      NOPT=SQRT(2000*VPT*CB/(Q*PP(I)))/PAPA(I,1)+1.                         AUSG0360
      LK=(1.-Q*NOPT*PAPA(I,1)/(REFE*VPT*100))*8760*NJA/(LIE+24.)            AUSG0370
      KK=HTEIL(I)                                                           AUSG0380
      LL=TEIL(KK)                                                           AUSG0390
      DO 2 J=1,500                                                          AUSG0400
      LL=LL+TEIL(KK+J)                                                      AUSG0410
      IF(LL.LE.LK) GOTO 2                                                   AUSG0420
      NMEL=J                                                                AUSG0430
      GOTO 3                                                                AUSG0440
    2 CONTINUE                                                              AUSG0450
      NMEL=500                                                              AUSG0460
    3 BKO=VEBA(I)/PAPA(I,4)*CB*SL                                           AUSG0470
      TLKO=GEBISU(I)/365000*Q*SL                                            AUSG0480
      FKOF=PFEH(I)*CFF*SL                                                   AUSG0490
      FKOV=PFE(I)*SL*PP(I)*REFE*.1                                          AUSG0500
      SKO=BKO+TLKO+FKOF+FKOV                                                AUSG0510
      WRITE(6,104) I,(PRANA(I,J),J=1,3),VEBA(I),PFE(I),VPT,UMS,BKO,         AUSG0520
     *  TLKO,FKOF,FKOV,SKO,NOPT,NMEL                                        AUSG0530
      SBKO=SBKO+BKO                                                         AUSG0540
      SLKO=SLKO+TLKO                                                        AUSG0550
      SFKOF=SFKOF+FKOF                                                      AUSG0560
      SFKOV=SFKOV+FKOV                                                      AUSG0570
      SUMS=SUMS+UMS                                                         AUSG0580
    1 CONTINUE                                                              AUSG0590
      SGKO=SBKO+SLKO+SFKOF+SFKOV                                            AUSG0600
      WRITE(6,105) SUMS,SBKO,SLKO,SFKOF,SFKOV,SGKO                          AUSG0610
      WRITE(6,106)                                                          AUSG0620
  100 FORMAT('1',46X,'S I M U L A T I O N S E R G E B N I S S E'/           AUSG0630
     *  10X,116('-'))                                                       AUSG0640
  101 FORMAT(16X,'RELEVANTE BELEGUNG: IM SIMULATIONSZEITRAUM WURDEN',       AUSG0650
     * I5,' RELEVANTE PATIENTEN EINGELIEFERT'/                             AUSG0660
     *  16X,'BEI DER BEHANDLUNG DER RELEVANTEN PATIENTEN WURDEN',I6,        AUSG0670
     *  ' PFLEGETAGE GELEISTET')                                            AUSG0680
  102 FORMAT('0',15X,'DIE ANZAHL DER SIMULIERTEN EREIGNISSE BETRAEGT',      AUSG0690
     *  I6)                                                                 AUSG0700
  103 FORMAT('-',37X,'UEBERBLICK UEBER DIE UMSAETZE UND LAGERKOSTEN DER     AUSG0710
     *PRAEPARATE'//          10X,'NR. DES  BEZ. DES   BESTELLTE  FMGEN     AUSG0720
     *  VPT       UMS       BKO       LKO       FKOF      FKOV      SKO      N AUSG0730
     *OPT    NMEL'/  10X,'PRAEP.  PRAEPARATS  PACKUNGEN   (ME)      (ME)     AUSG0740
     *   (DM)',5(5X,'(DM)'),5X,'(KP)     (ME)'/ 10X,116('-'))               AUSG0750
  104 FORMAT(10X,I4,4X,3A4,I6,I9,F9.1,F10.2,F8.2,4F9.2,I8,I8)               AUSG0760
  105 FORMAT(10X,116('-') /  47X,'SUMME:',F11.2,F8.2,4F9.2/                 AUSG0770
     *  10X,116('-'))                                                       AUSG0780
  106 FORMAT('0',20X,'ERKLAERUNG DER ABKUERZUNGEN:'/                        AUSG0790
     *  21X,'FMGEN - ANZAHL DER IM SIMULATIONSZEITRAUM DURCH EINE EILBES    AUSG0800
     *TELLUNG BESCHAFFTEN ME DES PRAEPARATS'/                              AUSG0810
     *  21X,'VPT - DURCHSCHN. VERBRAUCH DES PRAEPARATS PRO JAHR'/          AUSG0820
     *  21X,'UMS - DURCHSCHN. UMSATZ DES PRAEPARATS PRO JAHR'/             AUSG0830
     *  21X,'BKO - DURCHSCHN. BESTELLKOSTEN PRO JAHR'/                     AUSG0840
     *  21X,'LKO - DURCHSCHN. LAGERHALTUNGSKOSTEN PRO JAHR'/               AUSG0850
     *  21X,'FKOF - DURCHSCHN.. DURCH DIE FIXEN KOSTEN DER EILBESTELLUNG   AUSG0860
     *EN VERURSACHTEN FEHLMENGENKOSTEN PRO JAHR'/                          AUSG0870
     *  21X,'FKOV - DURCHSCHN.. DURCH VERTEUERUNG VERURSACHTE FEHLMENGEN   AUSG0880
```

```
     *KOSTEN PRO JAHR'/                                                    AUSG0890
     *  21X,'SKO - DURCHSCHN. LAGERKOSTEN PRO JAHR,  SKO = BKO + LKO + F   AUSG0900
     *KOF + FKOV'/                                                         AUSG0910
     *  21X,'NOPT - BESTELLMENGE IN KLINIKPACKUNGEN, BERECHNET NACH DER    AUSG0920
     *VORGEHENSWEISE 1'/                                                   AUSG0930
     *  21X,'NMEL - MELDEMENGE, BERECHNET NACH DER VORGEHENSWEISE 1')      AUSG0940
      RETURN                                                               AUSG0950
      END                                                                  AUSG0960


      SUBROUTINE ABGANG(MEP,IPR,NZM,ME)                                    ABGA0010
C                                                                          ABGA0020
C     ABGANG VON MEP ME DES PRAEPARATS IPR VOM LAGER                       ABGA0030
C     BEIM AUFTRETEN VON FEHLMENGEN WIRD EVENTUELL EIN ERSATZ DES          ABGA0040
C     FEHLENDEN PRAEPARATS VORGENOMMEN.                                    ABGA0050
C     ME - MENGENEINHEITEN DES ARZNEIMITTELS                               ABGA0060
C     NZM - NR. DES ARZNEIMITTELS                                          ABGA0070
C                                                                          ABGA0080
      INTEGER  VEBA(50), BESTA(50)                                         ABGA0090
      INTEGER*2  PFE(50), APA(30), HAND(100,3), TANA(50)                   ABGA0100
      LOGICAL  PRAFE(50), ERSATZ                                           ABGA0110
      COMMON  /CBESTA/ VEBA,BESTA  /CPFE/ PFE  /CERSA/ ERSATZ              ABGA0120
     *  /CAPA/ APA,HAND  /CTANA/ TANA  /CPRAFE/ PRAFE                      ABGA0130
      TANA(IPR)=TANA(IPR)+MEP                                              ABGA0140
      IF(BESTA(IPR).LT.MEP) GOTO 1                                         ABGA0150
      BESTA(IPR)=BESTA(IPR)-MEP                                            ABGA0160
      RETURN                                                               ABGA0170
    1 IF(.NOT.ERSATZ) GOTO 4                                               ABGA0180
      NT=APA(NZM)-1                                                        ABGA0190
    2 NT=NT+1                                                              ABGA0200
      IF(NT.GE.APA(NZM+1)) GOTO 4                                          ABGA0210
      NEP=HAND(NT,3)                                                       ABGA0220
      NEP=(ME-1)/NEP+1                                                     ABGA0230
      IF(BESTA(HAND(NT,1)).LT.NEP) GOTO 2                                  ABGA0240
      BESTA(HAND(NT,1))=BESTA(HAND(NT,1))-NEP                              ABGA0250
      RETURN                                                               ABGA0260
C                                                                          ABGA0270
C     ES IST EINE FEHLMENGE AUFGETRETEN                                    ABGA0280
C                                                                          ABGA0290
    4 PFE(IPR)=PFE(IPR)+MEP-BESTA(IPR)                                     ABGA0300
      PRAFE(IPR)=.TRUE.                                                    ABGA0310
      BESTA(IPR)=0                                                         ABGA0320
      RETURN                                                               ABGA0330
      END                                                                  ABGA0340


      SUBROUTINE ELIST                                                     ELIS0010
C                                                                          ELIS0020
C     AUSGABE VON EREIGNISSEN                                              ELIS0030
C                                                                          ELIS0040
      INTEGER*2  EREIG(100,6)                                              ELIS0050
      COMMON  /CNPO/ NPOINT  /CEREIG/ EREIG  /CNJA/ NJA,NLAUF              ELIS0060
      NL=NPOINT                                                            ELIS0070
      WRITE(6,101)                                                         ELIS0080
      DO 1 I=1,5                                                           ELIS0090
      WRITE(6,100) EREIG(NL,1),EREIG(NL,4),NLAUF,EREIG(NL,5),EREIG(NL,6)   ELIS0100
      NL=EREIG(NL,3)                                                       ELIS0110
      IF(NL.EQ.1000) GOTO 99                                               ELIS0120
    1 CONTINUE                                                             ELIS0130
  100 FORMAT(10X,'E.-ART:',I4,' ZEIT:',I6,' JAHR:',I3,' ATTR.:',2I10)      ELIS0140
  101 FORMAT('0',10X,'AUSGABE VON EREIGNISSEN'/)                           ELIS0150
   99 RETURN                                                               ELIS0160
      END                                                                  ELIS0170


      SUBROUTINE SIMUL                                                     SIMU0010
C                                                                          SIMU0020
C     SIMULATION DES SYSTEMANLAUFES                                        SIMU0030
C                                                                          SIMU0040
      INTEGER*2 EREIG(100,6)                                               SIMU0050
      LOGICAL FAIL, OUTE                                                   SIMU0060
      COMMON  /CNPO/ NPOINT  /CEREIG/ EREIG  /CNJA/ NJA,NLAUF              SIMU0070
     *  /CFAIL/ FAIL  /CNZZ/ NZZ  /COU/ OUTE,NLZ,NHI                       SIMU0080
    1 CALL SPRUNG (EREIG(NPOINT,1))                                        SIMU0090
      NZZ=NZZ+1                                                            SIMU0100
      IF(FAIL) GOTO 99                                                     SIMU0110
      IF(.NOT.OUTE) GOTO 3                                                 SIMU0120
      IF(NHI/NLZ*NLZ.EQ.NHI) CALL ELIST                                    SIMU0130
      NHI=NHI+1                                                            SIMU0140
    3 EREIG(NPOINT,1)=0                                                    SIMU0150
```

```
      NPOINT=EREIG(NPOINT,3)                                            SIMU0160
      IF(EREIG(NPOINT,4).LT.8760) GOTO 1                                SIMU0170
      NLAUF=NLAUF+1                                                     SIMU0180
      IF(NLAUF.GT.NJA) GOTO 99                                          SIMU0190
      DO 2 I=1,100                                                      SIMU0200
    2 EREIG(I,4)=EREIG(I,4)-8760                                        SIMU0210
      GOTO 1                                                            SIMU0220
   99 RETURN                                                            SIMU0230
      END                                                               SIMU0240


      SUBROUTINE SUCH                                                   SUCH0010
C                                                                       SUCH0020
C     SUCHE NACH EINEM FREIEN PLATZ IM ARRAY EREIG                      SUCH0030
C                                                                       SUCH0040
      INTEGER*2  EREIG(100,6)                                           SUCH0050
      LOGICAL FAIL,LHL                                                  SUCH0060
      COMMON  /CEREIG/ EREIG  /CNP/ NP  /CFAIL/ FAIL                    SUCH0070
      LHL=.FALSE.                                                       SUCH0080
    2 NP=NP+1                                                           SUCH0090
      IF(NP.GT.100) GOTO 1                                              SUCH0100
      IF(EREIG(NP,1).NE.0) GOTO 2                                       SUCH0110
      RETURN                                                            SUCH0120
    1 IF(LHL) GOTO 3                                                    SUCH0130
      LHL=.TRUE.                                                        SUCH0140
      NP=0                                                              SUCH0150
      GOTO 2                                                            SUCH0160
    3 FAIL=.TRUE.                                                       SUCH0170
      WRITE(6,100)                                                      SUCH0180
  100 FORMAT('-',20('*'),' DER SPEICHERPLATZ ZUR SPEICHERUNG DER EREIGNI SUCH0190
     *SSE IST NICHT AUSREICHEND')                                       SUCH0200
      RETURN                                                            SUCH0210
      END                                                               SUCH0220


      SUBROUTINE ORD                                                    ORD00010
C                                                                       ORD00020
C     EINORDNEN EINES EREIGNISSES IN DEN EREIGNISKALENDER               ORD00030
C                                                                       ORD00040
      INTEGER*2  EREIG(100,6)                                           ORD00050
      COMMON  /CNP/ NP  /CEREIG/ EREIG  /CNPO/ NPOINT                   ORD00060
      NZEIT=EREIG(NP,4)                                                 ORD00070
      K1=NPOINT                                                         ORD00080
    2 K=EREIG(K1,3)                                                     ORD00090
      IF(K.EQ.1000) GOTO 1                                              ORD00100
      IF(EREIG(K,4).GT.NZEIT) GOTO 3                                    ORD00110
      K1=K                                                              ORD00120
      GOTO 2                                                            ORD00130
    3 EREIG(K,2)=NP                                                     ORD00140
    1 EREIG(NP,3)=K                                                     ORD00150
      EREIG(NP,2)=K1                                                    ORD00160
      EREIG(K1,3)=NP                                                    ORD00170
      RETURN                                                            ORD00180
      END                                                               ORD00190


      SUBROUTINE SPRUNG (KS)                                            SPRU0010
C                                                                       SPRU0020
C     SPRUNG IN DAS RICHTIGE UNTERPROGRAMM                              SPRU0030
C                                                                       SPRU0040
      INTEGER*2 KS                                                      SPRU0050
      GOTO (1,2,3,4,5,6),KS                                             SPRU0060
    1 CALL U1                                                           SPRU0070
      RETURN                                                            SPRU0080
    2 CALL U2                                                           SPRU0090
      RETURN                                                            SPRU0100
    3 CALL U3                                                           SPRU0110
      RETURN                                                            SPRU0120
    4 CALL U4                                                           SPRU0130
      RETURN                                                            SPRU0140
    5 CALL U5                                                           SPRU0150
      RETURN                                                            SPRU0160
    6 CALL U6                                                           SPRU0170
      RETURN                                                            SPRU0180
      END                                                               SPRU0190


      SUBROUTINE SHII (KART,KZEI,KAT1,KAT2)                             SHII0010
C                                                                       SHII0020
```

```
C     ERZEUGUNG EINES NEUEN EREIGNISSES                                  SHII0030
C                                                                        SHII0040
      INTEGER*2 EREIG(100,6)                                             SHII0050
      COMMON  /CEREIG/ EREIG  /CNP/ NP                                   SHII0060
      CALL SUCH                                                          SHII0070
      EREIG(NP,1) KART                                                   SHII0080
      EREIG(NP,4)=KZEI                                                   SHII0090
      EREIG(NP,5)=KAT1                                                   SHII0100
      EREIG(NP,6) KAT2                                                   SHII0110
      CALL ORD                                                           SHII0120
      RETURN                                                             SHII0130
      END                                                                SHII0140


      REAL FUNCTION RND (INY)                                            RND00010
C                                                                        RND00020
C     RND ERZEUGT GLEICHVERTEILTE ZUFALLSZAHLEN IM INTERVALL (0,1).      RND00030
C                                                                        RND00040
      INY=INY*1220703125                                                 RND00050
      IF(INY)1,2,2                                                       RND00060
 1    INY=INY+2147483647+1                                               RND00070
 2    RND=INY*.4656613E-9                                                RND00080
      RETURN                                                             RND00090
      END                                                                RND00100


      INTEGER FUNCTION IKA (SM,INY)                                      IKA00010
C                                                                        IKA00020
C     IKA ERZEUGT POISSON-VERTEILTE ZUFALLSZAHLEN MIT EINEM MITTEL-      IKA00030
C     WERT VON SM                                                        IKA00040
C                                                                        IKA00050
      S=EXP(-SM)                                                         IKA00060
      T=S                                                                IKA00070
      SK=RND(INY)                                                        IKA00080
      I=1                                                                IKA00090
 1    IF( (SK.LE.S).OR.(T.LE.1.E-4) )  GOTO 2                            IKA00100
      T=T*SM/I                                                           IKA00110
      S=S+T                                                              IKA00120
      I=I+1                                                              IKA00130
      GOTO 1                                                             IKA00140
 2    IKA=I-1                                                            IKA00150
      RETURN                                                             IKA00160
      END                                                                IKA00170


      SUBROUTINE SCHUB(I)                                                SCHU0010
C                                                                        SCHU0020
C     VERSCHIEBUNG IM ARRAY TEIL                                         SCHU0030
C                                                                        SCHU0040
      LOGICAL  FAIL                                                      SCHU0050
      INTEGER*2  TEIL(6000), HTEIL(50), TANA(50)                         SCHU0060
      COMMON  /CTEIL/ TEIL,HTEIL,LISA  /CTANA/ TANA  /CFAIL/ FAIL        SCHU0070
     *  /CN/ NKRA,NARZ,NPRA                                              SCHU0080
      N=TANA(I)+10-HTEIL(I+1)+HTEIL(I)                                   SCHU0090
C                                                                        SCHU0100
C     ES ERFOLGT EINE VERSCHIEBUNG UM N STELLEN                          SCHU0110
C                                                                        SCHU0120
      LISA=LISA+N                                                        SCHU0130
      IF(LISA.LE.6000) GOTO 1                                            SCHU0140
      WRITE(6,100)                                                       SCHU0150
 100  FORMAT('-',20X,20('*'),'  FEHLER: ARRAY TEIL ZU KLEIN')            SCHU0160
      FAIL=.TRUE.                                                        SCHU0170
      RETURN                                                             SCHU0180
 1    K1=HTEIL(I+1)+N                                                    SCHU0190
      IF(K1.GT.LISA) GOTO 5                                              SCHU0200
      DO 2 JJ=K1,LISA                                                    SCHU0210
      J=LISA+K1-JJ                                                       SCHU0220
 2    TEIL(J)=TEIL(J-N)                                                  SCHU0230
 5    K2=K1-1                                                            SCHU0240
      K1=K1-N                                                            SCHU0250
      DO 3 J=K1,K2                                                       SCHU0260
 3    TEIL(J)=0                                                          SCHU0270
      DO 4 J=I,NPRA                                                      SCHU0280
 4    HTEIL(J+1)=HTEIL(J+1)+N                                            SCHU0290
      RETURN                                                             SCHU0300
      END                                                                SCHU0310
```

Anhang III: Kommentierte Listen der Computerprogramme POL und NVE

Auf den folgenden Seiten sind kommentierte Listen der Computerprogramme POL und NVE wiedergegeben.

Das Programm POL berechnet optimale Bestellparameter s,S nach der Vorgehensweise 2. Vgl. Abschnitt 3241.

Das Programm NVE berechnet ein optimales Bestellverhalten nach der Vorgehensweise 3. Vgl. Abschnitt 3263.

```
C                                                                       MAIN0010
C     PROGRAMM  POL                                                     MAIN0020
C                                                                       MAIN0030
C     BERECHNUNG DER PARAMETER DER OPTIMALEN S-S-POLITIK                MAIN0040
C                                                                       MAIN0050
      REAL WN(200), SKO(2,200), EXP, SQRT, WR(200)                      MAIN0060
      COMMON  /CWN/ WN  /CN/ NPE,NMAX  /CSKO/ SKO  /CC/ CL,CF,CB       MAIN0070
     *  /CNAF/ NAF  /CEW/ EW                                           MAIN0080
C                                                                       MAIN0090
C  PARAMETER:                                                           MAIN0100
C     NPE - ANZAHL DER PERIODEN DES PLANUNGSZEITRAUMS                   MAIN0110
C     SKO - SKO(I,J) IST DER ERWARTUNGSWERT DER LAGERKOSTEN FUER DIE    MAIN0120
C         PERIODEN I,....,NPE BEI OPTIMALER BESTELLPOLITIK, WENN DER    MAIN0130
C         LAGERBESTAND AM ENDE DER (I-1) - TEN PERIODE J-10 ME BETRAEGT. MAIN0140
C     NMAX - MAXIMALE NACHFRAGE PRO PERIODE                             MAIN0150
C                                                                       MAIN0160
 6    READ(5,101,END=99) CL,CF,CB,EW,NPE,NAF                            MAIN0170
      WRITE(6,100)                                                      MAIN0180
      WRITE(6,102) CL,CF,CB,EW,NPE,NAF                                  MAIN0190
      WN(1)=EXP(-EW)                                                    MAIN0200
      DO 2 I=2,200                                                      MAIN0210
      WN(I)=WN(I-1)*EW/(I-1)                                            MAIN0220
      IF(WN(I).GT.1.E-4) GOTO 2                                         MAIN0230
      NMAX=I-1                                                          MAIN0240
      GOTO 1                                                            MAIN0250
 2    CONTINUE                                                          MAIN0260
      NMAX=199                                                          MAIN0270
 1    WRITE(6,109) NMAX                                                 MAIN0280
      DO 5 I=1,NAF                                                      MAIN0290
 5    SKO(1,I)=0                                                        MAIN0300
      CALL DYN                                                          MAIN0310
      GOTO 6                                                            MAIN0320
 100  FORMAT('~'/'-',10X,10('*'),10X,'DIE EINGABEDATEN DES PROBLEMS',   MAIN0330
     *  10X,10('*'))                                                   MAIN0340
 101  FORMAT(4F10.5,2I5)                                                MAIN0350
 102  FORMAT('0',10X,'CL=',F10.5,'  CF=',F10.5,'  CB=',F10.5,'  EW=',   MAIN0360
     * F10.5,'  NPE=',I5,'  NAF=',I5)                                   MAIN0370
 109  FORMAT(21X,'NMAX=',I5)                                            MAIN0380
 99   STOP                                                              MAIN0390
      END                                                               MAIN0400


      REAL FUNCTION F(N,NXA)                                            F0000010
C                                                                       F0000020
C     BERECHNUNG DER LAGERKOSTEN EINER PERIODE                          F0000030
C     PARAMETER:                                                        F0000040
C     N - NACHFRAGE DER PERIODE IN ME                                   F0000050
C     NXA - LAGERANFANGSBESRAND DER PERIODE IN ME                       F0000060
C     F - LAGERKOSTEN DER PERIODE IN GE                                 F0000070
C                                                                       F0000080
      COMMON  /CC/ CL,CF                                                F0000090
      K2=N-NXA                                                          F0000100
      IF(K2.LT.0) K2=0                                                  F0000110
      F=CL*NXA+CF*K2                                                    F0000120
      RETURN                                                            F0000130
      END                                                               F0000140


      REAL FUNCTION HH(NXA,J)                                           HH000010
C                                                                       HH000020
C     BERECHNUNG VON LAGERKOSTEN                                        HH000030
C                                                                       HH000040
C     PARAMETER:                                                        HH000050
C     NXA - LAGERBESTAND AM ANFANG DER PERIODE                          HH000060
C     J - NACHFRAGE DER PERIODE                                         HH000070
C     HH - ERWARTUNGSWERT DER LAGERKOSTEN                               HH000080
      REAL SKO(2,200)                                                   HH000090
      COMMON  /CSKO/ SKO  /CN/ NPE                                      HH000100
      NI=NXA-J+1                                                        HH000110
      IF(NI.LT.1) NI=1                                                  HH000120
      HH=F(J,NXA)+SKO(1,NI)                                             HH000130
      RETURN                                                            HH000140
      END                                                               HH000150


      SUBROUTINE DYN                                                    DYN00010
C                                                                       DYN00020
C     BERECHNUNG DER OPTIMALEN BESTELLPOLITIK DURCH DYNAMISCHE          DYN00030
C     PROGRAMMIERUNG                                                    DYN00040
```

```
C                                                                       DYN00050
      REAL WN(200), SKO(2,200), DIF(200)                                DYN00060
      REAL*8 S                                                          DYN00070
      COMMON  /CWN/ WN  /CN/ NPE,NMAX  /CSKO/ SKO  /CC/ CL,CF,CB        DYN00080
     *  /CNAF/ NAF  /CEW/ EW                                           DYN00090
      NV1=NMAX+1                                                        DYN00100
      DO 1 II=1,NPE                                                     DYN00110
      I=NPE+1-II                                                        DYN00120
      DO 2 M=1,NAF                                                      DYN00130
      S=0                                                               DYN00140
      DO 3 J=I,NV1                                                      DYN00150
    3 S=S+HH(M-1,J-1)*WN(J)                                             DYN00160
    2 SKO(2,M)=S                                                        DYN00170
      DO 8 J=1,NAF                                                      DYN00180
      DIF(J)=SKO(2,J)-SKO(1,J)                                          DYN00190
    8 SKO(1,J)=SKO(2,J)                                                 DYN00200
C                                                                       DYN00210
C     BERECHNUNG DER OPTIMALEN (L1,L2) - POLITIK                        DYN00220
C                                                                       DYN00230
      IF(I.LE.5) WRITE(6,104) (DIF(J),J=1,14)                           DYN00240
  104 FORMAT('0   DIFFERENZ:',14F8.4)                                   DYN00250
      L2=1                                                              DYN00260
      R=SKO(1,1)                                                        DYN00270
      DO 4 M=2,NAF                                                      DYN00280
      IF(R.LE.SKO(1,M)) GOTO 4                                          DYN00290
      L2=M                                                              DYN00300
      R=SKO(1,M)                                                        DYN00310
    4 CONTINUE                                                          DYN00320
      NT=L2-1                                                           DYN00330
      DO 5 MM=1,NT                                                      DYN00340
      M=L2-MM                                                           DYN00350
      IF(SKO(1,M).LT.R+CB) GOTO 5                                       DYN00360
      L1=M                                                              DYN00370
      GOTO 6                                                            DYN00380
    5 CONTINUE                                                          DYN00390
      WRITE(6,100) I                                                    DYN00400
      GOTO 1                                                            DYN00410
    6 DO 7 M=1,L1                                                       DYN00420
    7 SKO(1,M)=R+CB                                                     DYN00430
      L2=L2-1                                                           DYN00440
      IF(I.LE.5) WRITE(6,101) I,L1,L2                                   DYN00450
    1 CONTINUE                                                          DYN00460
      WRITE(7,102) CL,CF,CB,EW,L1,L2                                    DYN00470
  100 FORMAT(' ',20('*'),' L1 ZU KLEIN, PERIODE:',I4)                   DYN00480
  101 FORMAT(10X,'PERIODE',I4,' OPTIMALE POLITIK',2I6)                  DYN00490
  102 FORMAT(4F10.5,2I5)                                                DYN00500
      RETURN                                                            DYN00510
      END                                                               DYN00520
```

```
C                                                                       MAIN0010
C     PROGRAMM NVE                                                      MAIN0020
C                                                                       MAIN0030
C     LAGERHALTUNGSSYSTEM MIT STOCHASTISCH ABHAENGIGEN BEDARFS-         MAIN0040
C     VERTEILUNGEN                                                      MAIN0050
C                                                                       MAIN0060
C     METHODE                                                           MAIN0070
C     DYNAMISCHE PROGRAMMIERUNG                                         MAIN0080
C                                                                       MAIN0090
      INTEGER Z(3), AUS(80)                                             MAIN0100
      REAL WN(3,8), W(8), V(20), SKO(2,3,3,30)                          MAIN0110
      COMMON  /CWN/ WN  /CNPEM/ NPEMA  /CC/ CL,CF,CB  /CSKO/ SKO        MAIN0120
     *  /CNP/ NPE,NVEMA  /CW/ W  /CNA/ NAMA  /CAUS/ AUS                 MAIN0130
C                                                                       MAIN0140
C     PARAMETER:                                                        MAIN0150
C     WN - WN(I,J) IST DIE WAHRSCHEINLICHKEIT, DASS EIN PATIENT I-1     MAIN0160
C     TAGE NACH SEINER EINLIEFERUNG MIT J-1 ME DES PRAEPARATS           MAIN0170
C     BEHANDELT WIRD                                                    MAIN0180
C     W - W(J) IST DIE WAHRSCHEINLICHKEIT, DASS AN EINEM TAGE J-1       MAIN0190
C     PATIENTEN INS KRANKENHAUS KOMMEN                                  MAIN0200
C     SKO - SKO(*,J,K,L) IST DER ERWARTUNGSWERT DER LAGERKOSTEN FUER    MAIN0210
C         DIE TAGE I.....NPE BEI OPTIMALER BESTELLPOLITIK, WENN         MAIN0220
C         DER LAGERBESTAND AM ENDE DES I-1-TEN TAGES L-1 ME             MAIN0230
C         BETRAEGT UND AM I-1-TAG K-1 UND AM I-2-TAG J-1 PATIENTEN      MAIN0240
C         EINGELIEFERT WORDEN SIND                                      MAIN0250
C     AUS - FALLS AUS(J).NE.0, WIRD DIE KOSTENFUNKTION DES J-TEN        MAIN0260
C         TAGES AUSGEDRUCKT                                             MAIN0270
C     NPE - ANZAHL DER TAGE DES PLANUNGSZEITRAUMS                       MAIN0280
C     NVEMA - PRO TAG KOENNEN BIS ZU NVEMA PATIENTEN EINGELIEFERT       MAIN0290
C         WERDEN                                                        MAIN0300
C     NPEMA - VERWEILDAUER                                              MAIN0310
C     NAMA - EIN PATIENT ERHAELT AN EINEM TAGE BIS ZU NAMA ME           MAIN0320
C         DES PRAEPARATS                                                MAIN0330
C                                                                       MAIN0340
C                                                                       MAIN0350
C     EIN- UND AUSGABE DER PROBLEMDATEN                                 MAIN0360
C                                                                       MAIN0370
      CALL LESEN                                                        MAIN0380
C                                                                       MAIN0390
C     DYNAMISCHE PROGRAMMIERUNG                                         MAIN0400
C                                                                       MAIN0410
      CALL DYN                                                          MAIN0420
      STOP                                                              MAIN0430
      END                                                               MAIN0440


      SUBROUTINE LESEN                                                  LESE0010
C                                                                       LESE0020
C     EIN- UND AUSGABE DER PROBLEMDATEN                                 LESE0030
C                                                                       LESE0040
      REAL  WN(3,8), W(8)                                               LESE0050
      INTEGER  AUS(80)                                                  LESE0060
      COMMON  /CWN/ WN  /CW/ W  /CC/ CL,CF,CB  /CNP/ NPE,NVEMA          LESE0070
     *  /CNA/ NAMA  /CAUS/ AUS  /CNPEM/ NPEMA                          LESE0080
      WRITE(6,114)                                                      LESE0090
      READ(5,108) NPE,NVEMA,NPEMA,NAMA                                  LESE0100
      READ(5,116) (AUS(I),I=1,NPE)                                      LESE0110
      READ(5,100) CL, CF, CB                                            LESE0120
      WRITE(6,102) CL,CF,CB,NPE,NVEMA,NPEMA,NAMA                        LESE0130
      DO 1 I=1,3                                                        LESE0140
      READ(5,100)(WN(I,J),J=1,8)                                        LESE0150
1     WRITE(6,104)I,(WN(I,J),J=1,8)                                     LESE0160
      READ(5,100)(W(J),J=1,8)                                           LESE0170
      WRITE(6,105)(W(J),J=1,8)                                          LESE0180
      WRITE(6,101)                                                      LESE0190
100   FORMAT(8F10.5)                                                    LESE0200
101   FORMAT('-',50X,'DIE ERGEBNISSE'/)                                 LESE0210
102   FORMAT('-',20X,'LAGERHALTUNGSKOSTENSATZ:',F10.4/                  LESE0220
     *  21X,'FEHLMENGENKOSTENSATZ:',F10.4/                             LESE0230
     *  21X,'BESTELLKOSTEN:',F10.4/                                    LESE0240
     *  21X,'LAENGE DES PLANUNGSZEITRAUMS:',I4,' TAGE'/                LESE0250
     *  21X,'PRO TAG KOENNEN BIS ZU ',I3,' PATIENTEN INS KRANKENHAUS KOM LESE0260
     *MEN'/                                                            LESE0270
     *  21X,'VERWEILDAUER:',I4,' TAGE'/                                LESE0280
     *  21X,'EIN PATIENT BEKOMMT BIS ZU ',I3,' ME DES PRAEPARATS PRO TAG LESE0290
     *'/  '-',30X,'WAHRSCHEINLICHK. FUER DIE BEHANDLUNG MIT DEM PRAEPARA LESE0300
     *T'/  '0',10X,'MENGENEINHEIT    0       1       2       3       4 LESE0310
     *5       6       7'/  6X,'BEHANDLUNGSTAG')                         LESE0320
104   FORMAT(10X,I4,10X,8F7.4)                                          LESE0330
105   FORMAT('-',20X,'DIE WAHRSCHEINLICHKEIT FUER DIE EINLIEFERUNG VON P LESE0340
     *ATIENTEN'/                                                       LESE0350
```

```
      *  '0',10X,'ANZAHL DER PATIENTEN:  0       1       2       3       4     LESE0360
      *   5       6       7'/  11X,'WAHRSCHEINLICHKEIT: ',8F7.4)               LESE0370
  108 FORMAT(5I5)                                                             LESE0380
  114 FORMAT('-',10X,10('*'),10X,'DIE EINGABEDATEN DES PROBLEMS',             LESE0390
     * 10X,10('*'))                                                          LESE0400
  116 FORMAT(80I1)                                                            LESE0410
      RETURN                                                                  LESE0420
      END                                                                     LESE0430


      REAL FUNCTION HH(V,NV,Z,NXA,J,I)                                        HH000010
C                                                                             HH000020
C     BERECHNUNG VON LAGERKOSTEN                                              HH000030
C     PARAMETER:                                                              HH000040
C     V,NV - NACHFRAGEVERTEILUNG DES I-TEN TAGES                              HH000050
C     Z - BELEGUNG DES KRANKENHAUSES AM ANFANG DES I-TEN TAGES                HH000060
C     NXA - LAGERBESTAND AM ANFANG DES I-TEN TAGES                            HH000070
C     J - ANZAHL DER PATIENTEN, DIE AM I-TEN TAG INS KRANKENHAUS               HH000080
C         EINGELIEFERT WERDEN                                                 HH000090
C     HH - ERWARTUNGSWERT DER LAGERKOSTEN FUER DIE TAGE I,....,NPE            HH000100
C         UNTER FOLGENDEN VORRAUSSETZUNGEN                                    HH000110
C         DIE BESTELLPOLITIK AN DEN TAGEN I+1,....,NPE IST OPTIMAL            HH000120
C         DIE BESTELLKOSTEN DES I-TEN TAGES WERDEN NICHT BERUECKSICHTIGT      HH000130
C                                                                             HH000140
      REAL*8 S                                                                HH000150
      REAL SKO(2,3,3,30), V(20)                                               HH000160
      INTEGER Z(3)                                                            HH000170
      COMMON  /CSKO/ SKO  /CNP/ NPE                                           HH000180
      S=0                                                                     HH000190
      K=NV+1                                                                  HH000200
      IF(I.LT.NPE) GOTO 1                                                     HH000210
      DO 2 L=1,K                                                              HH000220
    2 S=S+V(L)*F(L-1,NXA)                                                     HH000230
      HH=S                                                                    HH000240
      RETURN                                                                  HH000250
    1 DO 3 L=1,K                                                              HH000260
      LI=NXA-L+2                                                              HH000270
      IF(LI.LT.1) LI=1                                                        HH000280
    3 S=S+V(L)*(F(L-1,NXA)+SKO(1,Z(2)+1,J+1,LI))                              HH000290
      HH=S                                                                    HH000300
      RETURN                                                                  HH000310
      END                                                                     HH000320


      SUBROUTINE ADD (A,NA,B,NB)                                              ADD00010
C                                                                             ADD00020
C     ADDITION VON DISKRETEN ZUFALLSGROESSEN                                  ADD00030
C      PARAMETER:                                                             ADD00040
C     A - A(I) IST DIE WAHRSCHEINLICHKEIT, DASS DIE ZUFALLSGROESSE A          ADD00050
C         DEN WERT I-1 ANNIMMT.                                               ADD00060
C     NA - MAXIMALER WERT, DEN DIE ZUFALLSGROESSE A ANNIMMT.                  ADD00070
C     B,NB - BEI DER EINGABE ANALOG ZU B,NB, NACH DEM DURCHLAUFEN DES         ADD00080
C         UNTERPROGRAMMS GILT B = A + B                                       ADD00090
      REAL A(20), B(20), C(20)                                                ADD00100
      REAL*8 S                                                                ADD00110
      N=NA+NB+1                                                               ADD00120
      DO 1 I=1,N                                                              ADD00130
      S=0                                                                     ADD00140
      I1=1                                                                    ADD00150
      I2=I                                                                    ADD00160
      IF(I-NB.GT.I1) I1=I-NB                                                  ADD00170
      IF(NA+1.LT.I2) I2=NA+1                                                  ADD00180
      DO 2 J=I1,I2                                                            ADD00190
      IF( (A(J).LT.1.E-20) .OR. (B(I-J+1).LT.1.E-20) ) GOTO 2                 ADD00200
      S=S+A(J)*B(I-J+1)                                                       ADD00210
    2 CONTINUE                                                                ADD00220
      C(I)=S                                                                  ADD00230
    1 CONTINUE                                                                ADD00240
      NB=N+NA                                                                 ADD00250
      DO 3 I=1,N                                                              ADD00260
    3 B(I)=C(I)                                                               ADD00270
      RETURN                                                                  ADD00280
      END                                                                     ADD00290


      REAL FUNCTION F(N,NXA)                                                  F0000010
C                                                                             F0000020
C     BERECHNUNG DER LAGERKOSTEN EINER PERIODE                                F0000030
C     PARAMETER:                                                              F0000040
C     N - NACHFRAGE DES TAGES IN ME                                           F0000050
```

```
C     NXA = LAGERANFANGSBESTAND DES TAGES IN ME                          F0000060
C     F = LAGERKOSTEN DES TAGES IN GE                                    F0000070
C                                                                        F0000080
      COMMON  /CC/ CL,CF                                                 F0000090
      K3=N-NXA                                                           F0000100
      IF(K3.LT.0) K3=0                                                   F0000110
      F=CL*NXA+CF*K3                                                     F0000120
      RETURN                                                             F0000130
      END                                                                F0000140


      SUBROUTINE NUE (Z,J,V,NV)                                          NUE00010
      INTEGER Z(3)                                                       NUE00020
      REAL V(20), WN(3,8), A(20)                                         NUE00030
      COMMON  /CWN/ WN  /CNPEM/ NPEMA  /CNA/ NAMA                        NUE00040
C     PARAMETER:                                                         NUE00050
C     Z - BELEGUNG DES KRANKENHAUSES                                     NUE00060
C     J - ANZAHL DER PATIENTEN, DIE AN DEM TAG INS KRANKENHAUS           NUE00070
C         EINGELIEFERT WERDEN.                                           NUE00080
C     V,NV - ZUFALLSGROESSE. NACHFRAGE DER PERIODE                       NUE00090
      DO 1 I=2,20                                                        NUE00100
    1 V(I)=0                                                             NUE00110
      NV=0                                                               NUE00120
      V(1)=1                                                             NUE00130
      N1=NAMA+1                                                          NUE00140
      Z(NPEMA)=J                                                         NUE00150
      DO 2 I=1,NPEMA                                                     NUE00160
      IF(Z(I).EQ.0) GOTO 2                                               NUE00170
      K=Z(I)                                                             NUE00180
      DO 4 L=1,N1                                                        NUE00190
    4 A(L)=WN(NPEMA+1-I,L)                                               NUE00200
      DO 3 L=1,K                                                         NUE00210
    3 CALL ADD (A,NAMA,V,NV)                                             NUE00220
    2 CONTINUE                                                           NUE00230
      RETURN                                                             NUE00240
      END                                                                NUE00250


      SUBROUTINE DYN                                                     DYN00010
C                                                                        DYN00020
C     BERECHNUNG DER OPTIMALEN BESTELLPOLITIK DURCH DYNAMISCHE           DYN00030
C     PROGRAMMIERUNG                                                     DYN00040
C                                                                        DYN00050
      INTEGER Z(3), AUS(80), SP(3,2), HIHI(3)                            DYN00060
      REAL*8 S                                                           DYN00070
      REAL SKO(2,3,3,30), HM(3,3,3,30), W(8), V(20)                      DYN00080
      COMMON  /CSKO/ SKO  /CC/ CL,CF,CB  /CNP/ NPE,NVEMA  /CW/ W         DYN00090
     *  /CNPEM/ NPEMA  /CAUS/ AUS                                        DYN00100
      JMA=NVEMA+1                                                        DYN00110
      KMA=JMA                                                            DYN00120
      NV1=JMA                                                            DYN00130
      DO 17 K=1,KMA                                                      DYN00140
   17 HIHI(K)=K-1                                                        DYN00150
      DO 2 II=1,NPE                                                      DYN00160
      I=NPE+1-II                                                         DYN00170
      WRITE(6,104) I                                                     DYN00180
      DO 3 J=1,JMA                                                       DYN00190
      DO 4 K=1,KMA                                                       DYN00200
      Z(1)=J-1                                                           DYN00210
      Z(2)=K-1                                                           DYN00220
      DO 5 L=1,NV1                                                       DYN00230
      CALL NUE (Z,L-1,V,NV)                                              DYN00240
      DO 6 M=1,30                                                        DYN00250
    6 HM(J,K,L,M)=HM(V,NV,?,M-1,L-1,I)                                   DYN00260
    5 CONTINUE                                                           DYN00270
    4 CONTINUE                                                           DYN00280
    3 CONTINUE                                                           DYN00290
      DO 7 J=1,JMA                                                       DYN00300
      DO 8 K=1,KMA                                                       DYN00310
      DO 10 M=1,30                                                       DYN00320
      S=0                                                                DYN00330
      DO 9 L=1,NV1                                                       DYN00340
    9 S=S+A(L)*HM(J,K,L,M)                                               DYN00350
   10 SKO(I,J,K,M)=S                                                     DYN00360
      IF(AUS(I).EQ.0) GOTO 1                                             DYN00370
C                                                                        DYN00380
C     AUSDRUCK DER KOSTENFUNKTION                                        DYN00390
C                                                                        DYN00400
      J1=J-1                                                             DYN00410
      K1=K-1                                                             DYN00420
      WRITE(6,103) J1,K1                                                 DYN00430
```

```
      WRITE(6,101) (SKO(2,J,K,M),M=1,10)                                DYN00440
      WRITE(6,101) (SKO(2,J,K,M),M=11,20)                               DYN00450
      WRITE(6,101) (SKO(2,J,K,M),M=21,30)                               DYN00460
C                                                                       DYN00470
C     BERECHNUNG DER OPTIMALEN (L1,L2) - POLITIK                        DYN00480
C                                                                       DYN00490
  1   L2=0                                                              DYN00500
      R=SKO(2,J,K,1)                                                    DYN00510
      DO 11 M=2,30                                                      DYN00520
      IF(R.LE.SKO(2,J,K,M)) GOTO 11                                     DYN00530
      L2=M-1                                                            DYN00540
      R=SKO(2,J,K,M)                                                    DYN00550
 11   CONTINUE                                                          DYN00560
      L1=0                                                              DYN00570
      IF(L2.EQ.0) GOTO 16                                               DYN00580
      DO 12 MM=1,L2                                                     DYN00590
      M=L2-MM+1                                                         DYN00600
      IF(SKO(2,J,K,M).LT.R+CB) GOTO 12                                  DYN00610
      L1=M                                                              DYN00620
      GOTO 13                                                           DYN00630
 12   CONTINUE                                                          DYN00640
      GOTO 16                                                           DYN00650
 13   DO 14 M=1,L1                                                      DYN00660
 14   SKO(2,J,K,M)=R+CB                                                 DYN00670
 16   SP(K,1)=L1                                                        DYN00680
      SP(K,2)=L2                                                        DYN00690
  8   CONTINUE                                                          DYN00700
C                                                                       DYN00710
C     AUSGABE DER OPTIMALEN BESTELLPARAMETER                            DYN00720
C                                                                       DYN00730
      J1=J-1                                                            DYN00740
      WRITE(6,103) ((J1,MIHI(K),SP(K,1),SP(K,2)),K=1,KMA)               DYN00750
  7   CONTINUE                                                          DYN00760
      DO 15 J=1,JMA                                                     DYN00770
      DO 15 K=1,KMA                                                     DYN00780
      DO 15 M=1,30                                                      DYN00790
 15   SKO(1,J,K,M)=SKO(2,J,K,M)                                         DYN00800
  2   CONTINUE                                                          DYN00810
100   FORMAT('0',10X,'BELEGUNG DES KR.:  (',I1,',',I1,')')             DYN00820
101   FORMAT(5X,10E12.4)                                                DYN00830
103   FORMAT(10X,3('BEL. D. KR.:  (',I1,',',I1,')  S,S:',I2,',',I2,5X)) DYN00840
104   FORMAT('0',10X,I4,' TE PERIODE'/)                                 DYN00850
      RETURN                                                            DYN00860
      END                                                               DYN00870
```

Anhang IV: Verzeichnis wichtiger Begriffe

Das Verzeichnis enthält vor allem Begriffe, die in der Arbeit in einer vom allgemeinen Sprachgebrauch u.U. abweichenden Bedeutung verwendet werden.

Apothekenausschuß: Andere Bezeichnung für Arzneimittelkommission. Vgl. Abschnitt 441.

Arzneimittel: Chemische Substanz zur Behandlung von Krankheiten. Vgl. Abschnitt 11.

Arzneimittelkommission: Gremium zur Durchführung der Medikamenteneinsatzplanung. Vgl. Abschnitt 441.

Arzneimittelliste: Ein Verzeichnis der in der Krankenhausapotheke geführten Arzneimittel und Präparate. Vgl. Abschnitt 441.

Arzneimittelplanung: Planung der Anwendung von Arzneimitteln unter Berücksichtigung des Niveaus der Arzneimittelversorgung. Vgl. Abschnitt 41.

Arzneimittelverbrauch: Mengenmäßiger Verbrauch von Arzneimitteln. Vgl. Abschnitt 11.

Belegung des Krankenhauses: Die Belegung des Krankenhauses ist charakterisiert durch die Anzahl und den gesundheitlichen Zustand der im Krankenhaus liegenden Patienten. Vgl. Abschnitt 21.

Einzelpräparat: Ein Präparat, das im wesentlichen ein Arzneimittel enthält. Vgl. Abschnitt 11.

Gesamtkosten der Vorratshaltung: Gesamtkosten der Lagerhaltung + Kosten der Datenerfassung und Datenverarbeitung + Kosten der Arzneimittelausgabe. Vgl. Abschnitt 314.

Kombinationspräparat: Ein Präparat, das verschiedene Arzneimittel enthält. Vgl. Abschnitt 11.

Lagerkosten (Gesamtkosten der Lagerhaltung): Lagerhaltungskosten + Bestellkosten + Fehlmengenkosten. Vgl. Abschnitt 314.

Medikament: Wird sowohl in der Bedeutung von Arzneimittel als auch in der Bedeutung von Präparat gebraucht. Vgl. Abschnitt 11.

Medikamenteneinsatzplanung: Die Medikamenteneinsatzplanung umfaßt die Arzneimittelplanung und die Präparatplanung. Vgl. Abschnitt 41.

Medikamentenumsatz: Summe der Umsätze der Präparate. Vgl. Abschnitt 11.

Medikamentenverbund: Mehrere Präparate bilden einen Medikamentenverbund, wenn sie bei Verknappungen untereinander ausgetauscht werden können. Vgl. Abschnitt 315.

Personalkosten der Arzneimittelversorgung: Kosten des in der Apotheke beschäftigten Personals. Vgl. Abschnitt 1323.

Präparat: Ein Firmenprodukt, das Arzneimittel enthält. Vgl. Abschnitt 11.

Präparatplanung: Auswahl von Präparaten, die zur Deckung des Arzneimittelbedarfs eingesetzt werden. Vgl. Abschnitt 41.

Präparatverbrauch: Mengenmäßiger Verbrauch von Präparaten. Vgl. Abschnitt 11.

Präparatumsatz: Der mit dem Einstandspreis bewertete Verbrauch des Präparats. Vgl. Abschnitt 11.

Sortimentsreduzierung: Verringerung der Anzahl der in der Apotheke geführten Präparate. Vgl. Abschnitt 422.

Symbolverzeichnis:

cb - Bestellkostensatz, cb > 0. Dim.: /¯GE/. Vgl. Abschnitt 3141.

cl - Lagerhaltungskostensatz, cl > 0. Dim.: /¯GE/(ME·ZE)/ bzw. /¯GE/(ME·PE)/. Vgl. Abschnitt 3142.

cf - Fehlmengenkostensatz, cf $\geq$ 0. Dim.: /¯GE/ME/. Vgl. Abschnitt 3143.

n - Anzahl der Teilperioden des Planungszeitraums. Vgl. Abschnitt 322.

T - Länge einer Teilperiode des Planungszeitraums. Dim.: /¯ZE/ bzw. /¯PE/. Vgl. Abschnitt 322.

L - Länge des Planungszeitraum. Dim.: /¯ZE/ bzw. /¯PE/. Vgl. Abschnitt 3232.

mb - obere Grenze des Bedarfs einer Teilperiode. Dim.: /¯ME/. Vgl. Abschnitt 3241.

kv - Anzahl der Teilperioden, die ein relevanter Patient im Krankenhaus liegt. Vgl. Abschnitt 3262.

mp - maximale Anzahl relevanter Patienten, die in einer Teilperiode ins Krankenhaus eingeliefert werden. Vgl. Abschnitt 3262.

mpr - maximale Anzahl von Mengeneinheiten des betrachteten Präparats, die ein relevanter Patient in einer Teilperiode des Planungszeitraums erhalten kann. Vgl. Abschnitt 3262.

XK,XQ - Meldemenge, Bestellmenge. Bestellparameter der Vorgehensweise 1. Dim.: /¯ME/. Vgl. Abschnitt 3231.

s,S - Parameter der (s,S)-Politik. Dim.: /¯ME/. Vgl. Abschnitt 3241.

xa_i - Lagerbestand der i-ten Teilperiode nach der Durchführung einer eventuellen Bestellung und Lieferung. Dim.: /¯ME/. Vgl. Abschnitt 322.

$\overline{XA}$ - erwarteter durchschnittlicher Lagerbestand des Planungszeitraums. Dim.: /¯ME/. Vgl. Abschnitt 322.

xe_i - Lagerbestand am Ende der i-ten Teilperiode nach der Deckung des Bedarfs bzw. am Anfang der i+1-ten Teilperiode vor der Ankunft einer eventuellen Lieferung. Dim.: /¯ME/. Vgl. Abschnitt 322.

Q_i - Bestellmenge am Anfang der i-ten Teilperiode. Dim.: /ME/. Vgl. Abschnitt 322.

B_i - Bedarf der i-ten Teilperiode. Dim.: /ME/. Vgl. Abschnitt 322.

$\bar{B}$ - Erwartungswert des Bedarfs pro Teilperiode. Dim.: /ME/PE/. Vgl. Abschnitt 3232.

$\overline{BP}$ - Erwartungswert des Gesamtbedarfs des Planungszeitraums. Dim.: /ME/. Vgl. Abschnitt 3232.

KB_i - Bestellkosten der i-ten Teilperiode. Dim.: /GE/. Vgl. Abschnitt 322.

$\overline{KB}$ - Erwartungswert der Bestellkosten des Planungszeitraums. Dim.: /GE/. Vgl. Abschnitt 3232.

KL_i - Lagerhaltungskosten der i-ten Teilperiode. Dim.: /GE/. Vgl. Abschnitt 322.

$\overline{KL}$ - Erwartungswert der Lagerhaltungskosten des Planungszeitraums. Dim.: /GE/. Vgl. Abschnitt 3232.

KF_i - Fehlmengenkosten der i-ten Teilperiode. Dim.: /GE/. Vgl. Abschnitt 322.

K_i - Gesamtkosten der Lagerhaltung der i-ten Teilperiode. Dim.: /GE/. Vgl. Abschnitt 322.

K - Gesamtkosten der Lagerhaltung des Planungszeitraums. Dim.: /GE/. Vgl. Abschnitt 322.

$\bar{K}$ - Erwartungswert der Gesamtkosten der Lagerhaltung des Planungszeitraums. Dim.: /GE/. Vgl. Abschnitt 3232.

VS - obere Grenze für die erwartete Anzahl der Verknappungen im Planungszeitraum. Vgl. Abschnitt 3232.

P - Einstandspreis des betrachteten Präparats. Dim.: /GE/ME/. Vgl. Abschnitt 3232.

I - Zinssatz pro Teilperiode zur Berechnung der Kapitalbindungskosten. Dim.: /1/PE/. Vgl. Abschnitt 3232.

w_k - Wahrscheinlichkeit, daß der Bedarf einer Teilperiode gleich k ist. Vgl. Abschnitt 3241.

wp_l - Wahrscheinlichkeit, daß in einer Teilperiode l relevante Patienten ins Krankenhaus eingeliefert werden. Vgl. Abschnitt 3262.

wm_{kj} - Wahrscheinlichkeit, daß ein relevanter Patient in der j-ten Behandlungsperiode einen Bedarf von k Mengeneinheiten des betrachteten Präparats erzeugt. Vgl. Abschnitt 3262.

b_i - relevante Belegung des Krankenhauses am Anfang der i-ten Teilperiode. Vgl. Abschnitt 3261.

e_i - Anzahl der relevanten Patienten, die in der i-ten Teilperiode ins Krankenhaus eingeliefert werden. Vgl. Abschnitt 3261.

Dimension:

GE - Geldeinheit
ZE - Zeiteinheit
PE - Teilperiode
ME - Mengeneinheit

Funktionen:

$V_i(xa_i,B_i)$ - Summe der Lagerhaltungs- und Fehlmengenkosten der i-ten Teilperiode in Abhängigkeit vom Lagerbestand xa_i und dem Bedarf B_i. Dim.: /GE/. Vgl. Abschnitt 3241.

$H_i(xa_i)$ - Erwartungswert der kumulierten Gesamtkosten der Lagerhaltung der Teilperioden i,...,n ohne die Bestellkosten der i-ten Teilperiode bei optimalem Bestellverhalten in den Teilperioden i+1,...,n. Dim.: /GE/. Die Gesamtkosten hängen ab vom Lagerbestand xa_i der i-ten Teilperiode. Vgl. Abschnitt 3241.

$HB_i(xe_{i-1})$ - Erwartungswert der kumulierten Gesamtkosten der Lagerhaltung der Teilperioden i,...,n bei optimalem Bestellverhalten in Abhängigkeit vom Lagerbestand xe_{i-1} am Anfang der i-ten Teilperiode vor der Aufgabe einer eventuellen Bestellung. Dim.: /GE/. Vgl. Abschnitt 3241.

$tr(b_i,e_i)$ - relevante Belegung des Krankenhauses am Anfang der i+1-ten Teilperiode in Abhängigkeit von der relevanten Belegung am Anfang der i-ten Teilperiode und der Anzahl der relevanten Neueinlieferungen der i-ten Teilperiode. Vgl. Abschnitt 3261.

$h_k(b_ie_i)$ - Wahrscheinlichkeit, daß in der i-ten Teilperiode ein Bedarf von k Mengeneinheiten auftritt, wenn die relevante Belegung am Anfang der i-ten Teilperiode gleich b_i ist und in der i-ten Teilperiode e_i relevante Patienten neu eingeliefert werden. Vgl. Abschnitt 3262.

$HKE_i(xa_i,b_i,e_i)$ - Erwartungswert der Gesamtkosten der Lagerhaltung der Teilperioden i,...,n ohne die Bestellkosten der i-ten Teilperiode bei optimalem Bestellverhalten in den Teilperioden i+1,...,n, wenn die relevante Belegung am Anfang der i-ten Teilperiode (b_i) und die Anzahl der relevanten Einlieferungen der i-ten Teilperiode (e_i) gegeben sind. Dim.: /¯GE_7. Vgl. Abschnitt 3263.

$HKB_i(xa_i,b_i)$ - Die Funktion hat die gleiche Bedeutung wie die Funktion $HKE_i(xa_i,b_i,e_i)$ bis auf die Tatsache, daß die Anzahl der relevanten Einlieferungen der i-ten Teilperiode nicht gegeben ist. Dim.: /¯GE_7. Vgl. Abschnitt 3263.

$HK_i(xe_{i-1},b_i)$ - Erwartungswert der Gesamtkosten der Lagerhaltung der Teilperioden i,...,n bei optimalem Bestellverhalten in Abhängigkeit von der relevanten Belegung b_i und dem Lagerbestand xe_{i-1} vor einer eventuellen Bestellung am Anfang der i-ten Teilperiode. Dim.: /¯GE_7. Vgl. Abschnitt 3263.

Abbildungsverzeichnis

		Seite
Abb. 1:	Der Arzneimittelfluß im Krankenhaus	7
Abb. 2:	Wichtige Komponenten des Niveaus der Arzneimittelversorgung	12
Abb. 3:	Aufgliederung der Kosten der Arzneimittelversorgung	16
Abb. 4:	Die Beziehungen zwischen kurzfristigen Entscheidungen und der Entwicklung von Merkmalen der Arzneimittelversorgung	25
Abb. 5:	Die Abhängigkeit des Bedarfs in verschiedenen Teilperioden	37
Abb. 6:	Darstellung möglicher Bestellzeitpunkte im Anschluß an Arzneimittelausgaben	38
Abb. 7:	Aufgliederung der Gesamtkosten der Vorratshaltung	41
Abb. 8:	Die Stellung der Bestellkosten innerhalb der Beschaffungskosten	43
Abb. 9:	Mögliche Entwicklung des Lagerbestandes unter den Modellprämissen	60
Abb. 10:	Mögliche Entwicklung des Lagerbestandes unter den Modellprämissen, wenn die Meldemenge XK = 3 ME und die Bestellmenge XQ = 5 ME beträgt	67
Abb. 11:	Mögliche Entwicklung des Lagerbestandes bei Anwendung einer (3,7)-Politik in allen Teilperioden	89
Abb. 12:	Die Erzeugung des Bedarfs in den Modellen zur Vorgehensweise 3	107
Abb. 13:	Stark vereinfachte Darstellung der Simulation von Zustandsänderungen eines realen Arzneimittelversorgungssystems mit Hilfe von Ereignissen	129
Abb. 14:	Der Zusammenhang zwischen der Einlieferung von Patienten und den Lagerbeständen der Präparate in den Simulationsmodellen	136
Abb. 15:	Die Festlegung der Merkmale eines Patienten und die Erzeugung des Bedarfs an Präparaten bei der Simulation	142
Abb. 16:	Der Einfluß des Bedarfs an einem Präparat auf den Lagerbestand der Apotheke in den Simulationsmodellen	147
Abb. 17:	Vereinfachte Darstellung des Ablaufs einer Simulation mit Hilfe des Simulationsprogramms	153
Abb. 18:	Schematisierte Darstellung von Frage, die im Rahmen der Medikamenteneinsatzplanung beantwortet werden müssen	178

Tabellenverzeichnis

	Seite
Tab. 1: Beispiele für die Anwendung der Vorgehensweise 1	82
Tab. 2: Die Poisson-Verteilung mit dem Erwartungswert 6,5	83
Tab. 3: Beispiele für die Anwendung der Vorgehensweise 2	93
Tab. 4: Vergleich der Vorgehensweisen 1 und 2 für verschiedene Lagerhaltungskostensätze	95
Tab. 5: Vergleich der Vorgehensweisen 1 und 2 für unterschiedliche Werte $\bar{B}$	98
Tab. 6: Optimale Bestellparameter in Abhängigkeit von der relevanten Belegung	116
Tab. 7: Simulationsergebnisse (ohne Präparatersatz)	167
Tab. 8: Simulationsergebnisse (mit Präparatersatz)	171
Tab. 9: Simulationsergebnisse (spezielles Bestellverhalten)	173
Tab. 10: Simulationsergebnisse bei reduziertem Sortiment	194

Literaturverzeichnis

Abel, E.H. (1972), Aufgaben der Datenverarbeitung für die Verwaltung des Krankenhauses, in: Informationssysteme im Gesundheitswesen, IBM Deutschland GmbH, 1972, S. 35-45.

Ackoff, R.L. (1971), Towards a System of Systems Concepts, in: Management Science 17 (1971), S. 661-671.

Adam, D. (1969), Produktionsplanung bei Sortenfertigung, Wiesbaden 1969.

Derselbe (1970), Entscheidungsorientierte Kostenbewertung, Wiesbaden 1970.

Derselbe (1972), Krankenhausmanagement im Konfliktfeld zwischen medizinischen und wirtschaftlichen Zielen, Wiesbaden 1972.

Adam, W. (1973), Modernes Krankenhaus, Köln, Berlin 1973.

Adams, L.A. (1968), Group Purchasing and Automated Inventory Control, in: Hospitals 42 (1968), No. 24, S. 65-68.

Arrow, K.J., T. Harris, J. Marschak (1951), Optimal Inventory Policy, in: Econometrica 19 (1951), S. 250-272.

Arrow, K.J., S. Karlin, H. Scarf (1958), Studies in the Mathematical Theory of Inventory and Production, Stanford 1958.

Atteslander, P. (1959), Konflikt und Kooperation im Industriebetrieb, Köln, Opladen 1959.

Baumgarten, J. (1972), Kosten und Finanzierung von Krankenhausleistungen, Mainz 1972.

Behrens, P. (1973), Gedanken zu einer sicheren und wirtschaftlichen Arzneiversorgung, in: Deutsches Krankenhaus Adreßbuch, 1973, S. XV-XVI.

Bellmann, R. (1957), Dynamic Programming, Princeton 1957.

Bidlingmaier, J. (1968), Zielkonflikte und Zielkompromisse im unternehmerischen Entscheidungsprozeß, Wiesbaden 1968.

Böhler, H. (1971), Die Kalkulation der Eigenfertigung in der Krankenhausapotheke, in: Das Krankenhaus 63 (1971), S. 451-454.

Born, A. (1976), Entscheidungsmodelle zur Investitionsplanung, Münster 1976.

Brown, R.G. (1959), Statistical Forecasting for Inventory Control, New York, London, Toronto 1959.

Busse von Colbe, W. (1972), Bereitstellungsplanung - Einkaufs- und Lagerpolitik - , in: H. Jacob (Hrsg.), Industriebetriebslehre in programmierter Form, Band II, Wiesbaden 1972, S. 261-328.

Doob, J.L. (1959), Stochastic Processes, New York 1959.

Ehlers, C.T. (1971), Überlegungen zum Einsatz der elektronischen Datenverarbeitung in der Medizin, in: Informationssysteme in der Medizin - IBM Deutschland GmbH, 1971, S. 15-19.

Eichhorn, S. (1970), Das Zielsystem des Krankenhauses, Aus der Arbeit des Deutschen Krankenhausinstitutes, Berichte in zwangloser Folge, Nr. 41, März 1970.

Derselbe (1973), Krankenhausbetriebslehre, Band II, Stuttgart, Berlin, Köln, Mainz 1973.

Derselbe (1974), Krankenhausbetriebslehre, Band I, Stuttgart, Berlin, Köln, Mainz 1974.

Empen, T., O. Haase, H. Winter (1974), Handbuch für Gesetzeskunde im Krankenhaus, Kulmbach 1974.

Evans, G.W., G.F. Wallace, G.L. Sutherland (1967), Simulation Using Digital Computers, Englewood Cliffs 1967.

Fäßler, K., P.U. Kupsch (1972), Beschaffungs- und Lagerwirtschaft, in: E. Heinen (Hrsg.), Industriebetriebslehre, Wiesbaden 1972, S. 201-244.

Felis, W. (1976), Arzneimittelvorräte auf den Stationen, in: Pharmazeutische Zeitung 21 (1976), Nr. 3, S. 44-47.

Fisz, M. (1965), Wahrscheinlichkeitsrechnung und mathematische Statistik, Berlin 1965.

Forrester, J.W. (1961), Industrial Dynamics. Cambridge 1961.

Frankfurter, G.M., M.E. Kendall, C.C. Pegels (1974), Management Control of Blood through a Short-Term Supply-Demand Forecast System, in: Management Science 21 (1974), S. 444-452.

Frömming, N. (1973), Strukturorganisation und Entscheidungsprozeß im Krankenhaus aus verhaltenstheoretischer Sicht, Münster 1973.

Gebhardt, M. (1973), Medikamente im Krankenhaus, in: WIBU-Blätter 37 (1973), Nr. 1, S. 8, 9, 12.

Gendel, R.A. (1970), Purchasing Mathematics, in: Hospitals 44 (1970), No. 22, S. 94-98, 116.

Grimm, D. (1973), Die Technik der Simulation - Mathematische Grundlagen und Möglichkeiten der EDV, in: Prognos AG (Hrsg.), Simulation als Instrument der Planung in Wirtschaft und Verwaltung, Zürich 1973, S. 32-44.

Gümbel, R. (1974), Sortimentspolitik, in: B. Tietz (Hrsg.), Handwörterbuch der Absatzwirtschaft, Stuttgart 1974, S. 1884-1897.

Hadley, G., T.M. Whitin (1963), Analysis of Inventory Systems, Engelwood Cliffs 1963.

Harbordt, S. (1974), Computersimulation in den Sozialwissenschaften, Band 1: Einführung und Anleitung (S. 1-232), Band II: Beurteilung und Modellbeispiele (S. 233-404), Hamburg 1974.

Heinen, E. (1966), Das Zielsystem der Unternehmung, Wiesbaden 1966.

Derselbe (1968), Einführung in die Betriebswirtschaftslehre, Wiesbaden 1968.

Derselbe (1972), Grundtatbestände der Betriebsführung, in: H. Jacob (Hrsg.), Industriebetriebslehre in programmierter Form, Band I, Wiesbaden 1972, S. 327-405.

Hesmert (1970), Gutachten "Kommunale Lagerwirtschaft": Krankenhausapotheke, Rundschreiben der Kommunalen Gemeinschaftsstelle für Verwaltungsvereinfachung vom 23. Juli 1970.

Hochstädter, D. (1969), Stochastische Lagerhaltungsmodelle, Berlin, Heidelberg, New York 1969.

Holmgren, J.H. (1971), Systems Contracting Means "Stockless Purchasing", in: Modern Hospital 117 (1971), No. 1, S. 66.

Howard, R.A. (1971), Dynamic Probablistic Systems, Vol. I: Markov Modells (S. 1-576), Vol. II: Semi-Markov and Decision Processes (S. 577-1108), New York, London, Sydney, Toronto 1971.

Hübner, H.W., H.J. Schmitt (1973), Neuere Literatur zum Beschaffungswesen, Beilage zu "Das Krankenhaus", Heft 6/1973.

Hüttemann, H. (1968), Die analytische Behandlung einer Klasse stochastischer Entscheidungsprozesse und Anwendungen auf ein Beschaffungs- und ein Lagerhaltungsproblem, in: E. Sundhoff (Hrsg.), Distributionswirtschaft, Köln. Opladen 1968, S. 221-246.

Derselbe (1971), Modelle der Dynamischen Programmierung zur Bestimmung optimaler Beschaffungsmengen, Göttingen 1971.

Derselbe (1972), Zum Problem der optimalen Bestellpolitik bei verderblicher Ware, in: Zeitschrift für Betriebswirtschaft 42 (1972), S. 53-66.

Ihbe, H. (1970), Krankenhausapotheke und Wirtschaftlichkeit, in: Krankenhausumschau 39 (1970), Nr. 2, S. 126-129.

Jacob, H. (1972), Grundlagen und Grundtatbestände der Planung im Industriebetrieb, in: Derselbe (Hrsg.), Industriebetriebslehre in programmierter Form, Band II, Wiesbaden 1972, S. 15-38.

Derselbe (1976), Der Absatz, in: Derselbe (Hrsg.), Allgemeine Betriebswirtschaftslehre in programmierter Form, Wiesbaden 1976, S. 297-514.

Jennings, J.B. (1973), Blood Bank Inventory Control, in: Management Science 19, (1973), S. 637-645.

Kern, W. (1976), Der Betrieb als Faktorkombination, in: H. Jacob (Hrsg.), Allgemeine Betriebswirtschaftslehre in programmierter Form, Wiesbaden 1976, S. 117-204.

Klingst, A. (1971), Optimale Lagerhaltung, Würzburg, Wien 1971.

Koch, H. (1961), Betriebliche Planung, Wiesbaden 1961.

Derselbe (1966), Grundprobleme der Kostenrechnung, Köln, Opladen 1966.

Koller, H. (1969), Simulation und Planspieltechnik, Wiesbaden 1969.

Kress, K.P. (1968), Die Leistungsfunktionen des Krankenhauses in betrieblicher Sicht, München 1968.

Lamprecht, G. (1970), Einführung in die Programmiersprache FORTRAN IV, Braunschweig 1970.

Leckie, W.J.H., H. Clansey (1968), Practical Method of Drug Administration in a Peripheral Hospital, in: British Medical Journal, 1968, S. 609-612.

Lewis, C.D. (1975), Demand Analysis and Inventory Control, Westmead 1975.

Lübcke, P., H.N. Herden (1975), Arzneimittelplanung in einem Allgemeinen Krankenhaus mit Maximalversorgung, in: Deutsches Ärzteblatt 72 (1975), S. 982-987.

McMillan, C., R.F. Gonzales (1968), Systems Analysis, Homewood 1968.

Meier, R.C., W.T. Newell, H.L. Pazer (1969), Simulation in Business and Economics, Englewood Cliffs 1969.

Meissner, W. (1970), Zur Methodologie der Simulation, in: Zeitschrift für die gesamten Staatswissenschaften 126 (1970), S. 385-397.

Menges, G. (1972), Grundriß der Statistik, Teil 1: Theorie, Opladen 1972.

Derselbe (1974), Grundmodelle wirtschaftlicher Entscheidungen, Düsseldorf, Opladen 1974.

Mertens, P. (1969), Simulation, Stuttgart 1969.

Derselbe (1970), Der Einführung der elektronischen Datenverarbeitung auf Entscheidungsfindung und Entscheidungsprozeß, in: H. Jacob (Hrsg.), Unternehmensführung - Zielprogramm und Entscheidungsprozeß in der Unternehmung, Wiesbaden 1970, S. 81-104.

Mesarovic, M.D. (1968), Auxiliary Functions and Constructive Spezification of General Systems, in: Journal of Mathematical Systems Theorie 2 (1968), S. 201-222.

Mize, J.H., J.G. Cox (1968), Essentials of Simulation, Englewood Cliffs 1968.

Moon, J.E. (1969), Computerized Pharmacy System Solves Hospital's Drug Inventory Problems, in: Modern Hospital 113 (1969), No. 5, S. 118-124.

Müller, C., T. Witte (1976), Optimale Bestellpolitiken bei diskreten, stochastisch abhängigen Nachfrageverteilungen, wird veröffentlicht in der Zeitschrift für Operations Research.

Naddor, E. (1971), Lagerhaltungssysteme, Frankfurt, Zürich 1971.

Nahmias, S. (1976), Myopic Approximations for the Perishable Inventory Problem, in: Management Science 22 (1976), S. 1002-1008.

Naylor, T.H., D.S. Burdick, W.E. Sasser (1969), The Design of Computer Simulation Experiments, in: T.H. Naylor (Hrsg.), The Design of Computer Simulation Experiments, Durham 1969, S. 3-35.

Neumann, K. (1969), Dynamische Optimierung, Mannheim, Wien, Zürich 1969.

Oettle, K. (1966), Über den Charakter öffentlich-wirtschaftlicher Zielsetzungen, in: Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung 18 (1966), S. 241-259.

Pack, L. (1966), Die Elastizität der Kosten, Wiesbaden 1966.

Popp, W. (1968), Einführung in die Theorie der Lagerhaltung, Berlin, Heidelberg, New York 1968.

Prichard, J.W., R.H. Eagle (1965), Modern Inventory Management, New York, London, Sydney 1965.

Pukal, F. (1973), Medikamentennormliste, in: Östreichische Krankenhauszeitung 14 (1973), Nr. 2, S. 85-94.

Rieper, B., J. Waldmann (1972), Programmierte Einführung in das betriebliche Rechnungswesen, München 1972.

Rooke-Matthews, E.J. (1969), Stock Control: Three Case Studies, in: The Hospital 65 (1969), No. 6, S. 191-195.

Scarf, H. (1960), The Optimality of (S,s) Policies in the Dynamic Inventory Problem, in: K.J. Arrow, S. Karlin, P. Suppes (Hrsg.), Mathematical Methods in the Social Sciences, Stanford 1960, S. 196-202.

Scheuing, E. (1972), Das Marketing neuer Produkte, Wiesbaden 1972.

Schneider, D. (1966), Zielvorstellungen und innerbetriebliche Lenkungspreise in privaten und öffentlichen Unternehmen, in: Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung 18 (1966), S. 260-275.

Seelbach, H., H. Fehr (1971), Simulation (Besprechungsaufsatz), in: Zeitschrift für Betriebswirtschaft 41 (1971), S. 881-883.

Starr, M.K., D.W. Miller (1962), Inventory Control: Theory and Practise, Englewood Cliffs 1962.

Thormählen, M.V. (1974), Ein computergestütztes Produktionsplanungssystem für Mischfutterbetriebe, Münster 1974.

Tocher, K.D. (1969), The Art of Simulation, London 1969.

Trux, W.R. (1968), Einkauf und Lagerdisposition mit Datenverarbeitung, München 1968.

Tyrrell, P J.S., D.M. Davies, E.S. Frazier, R.A. Lidgate, A. Lawther, F.K. Johnson (1970), Integrated System for the Purchase, Distribution, and Use of Drugs in Hospital, in: The Lancet 7643 (1970), S. 408-410.

Ulrich, H. (1968), Die Unternehmung als produktives soziales System, Bern, Stuttgart 1968.

Vazsonyi, A. (1962), Die Planungsrechnung in Wirtschaft und Industrie, Wien, München 1962.

Völksen, W. (1969), Arzneimittelverbrauch im Krankenhaus, in: Krankenhausumschau 38 (1969), S. 1125-1129.

Wilhelm, H. (1974), Produktdifferenzierung, in: B. Tietz, Handwörterbuch der Absatzwirtschaft, Stuttgart 1974, S. 1706-1716.

Wirzbach, H.J. (1968), Planung und Organisation der Arzneimittelversorgung im Krankenhaus, in: Das Krankenhaus 60 (1968), S. 319-321.

Witte, T. (1973), Simulationstheorie und ihre Anwendung auf betriebliche Systeme, Münster 1973.

Derselbe (1975), Theorien und Modelle in der Betriebswirtschaftslehre, Veröffentlichungen des Instituts für industrielle Unternehmensforschung der Universität Münster (Hrsg. D. Adam), September 1975.

Yamane, T. (1976), Statistik, Band I (S. 1-432), Band II (S. 433-858), Frankfurt 1976.

Zwehl, W. von (1973), Kostentheoretische Analyse des Modells der optimalen Bestellmenge, Wiesbaden 1973.

o.V., Empfehlung der Deutschen Krankenhausgesellschaft zur Arzneimittelversorgung in Krankenhäusern, in: Das Krankenhaus 60 (1968), S. 321, 322.

o.V., Empfehlung der Deutschen Krankenhausgesellschaft zur Einführung einer Arzneimittelliste im Krankenhaus, in: Das Krankenhaus 65 (1973), S. 459-460.

o.V., Medikamente "aussortiert", in: Krankenhausumschau 42 (1973), Nr. 1, S. 4.

o.V., Die Liste Pharmindex I/74, Hrsg.: Wissenschaftlicher Beirat (Vorsitzender: S. Borelli), Isenburg 1974.

o.V., Statistisches Jahrbuch für die BRD, Jhg. 1973 und Jhg. 1974. Herausgeber: Statistisches Bundesamt, Wiesbaden.

Gesetze und Verordnungen

Gesetz über das Apothekenwesen vom 20. August 1960, BGBl I 1960, S. 697-703.

Gesetz über den Verkehr mit Arzneimitteln (Arzneimittelgesetz) vom 16. Mai 1961, BGBl I 1961, S. 533-546.

Gesetz zur wirtschaftlichen Sicherung der Krankenhäuser und zur Regelung der Krankenhauspflegesätze - KHG - vom 29. Juni 1972, BGBl I 1972, S. 1009-1017.

Verordnung über den Betrieb von Apotheken (Apothekenbetriebsordnung) vom 7. August 1968, BGBl I 1968, S. 939-945.

Verordnung zur Regelung der Krankenhauspflegesätze (Bundespflegesatzverordnung - BPflV) vom 25. April 1973, BGBl I 1973, S. 333-339.

Hein-Christian Müller

Lebenslauf

Geboren:	12. März 1950 in Greven (Westf.)
Eltern:	Dr. med. Ludger Müller, Chirurg; Dr. med. Doralies Müller, geb. Plöger, Hausfrau
Familienstand:	ledig
Staatsangehörigkeit:	deutsch
Schulausbildung:	1956 - 1960 Volksschule Greven 1960 - 1968 Gynasium Greven, altsprachiger Zweig Abitur: 29. Mai 1968 in Greven
Hochschulausbildung:	Mathematikstudium mit Wahlfach Betriebswirtschaftslehre: WS 1968/69 - WS 1970/71 Universität Münster SS 1971 Universität München WS 1971/72 - WS 1972/73 Universität Münster
Prüfungen:	Vordiplom: 2. November 1970 in Münster Diplom: 23. März 1973 in Münster BWL-Studium: SS 1973 - WS 1976/77 Universität Münster
Tätigkeiten:	1. Oktober 1972 - 31. März 1973: Studentische Hilfskraft am Institut für Numerische und instrumentelle Mathematik der Universität Münster 1. April 1973 - 31. März 1974: Wissenschaftliche Hilfskraft am Institut für Numerische und instrumentelle Matheatik der Universität Münster Verschiedene Tätigkeiten als freier Mitarbeiter in den Jahren 1973 - 1976
Promotion:	Seit Februar 1975 Doktorand bei Prof. Dr. Dietrich Adam, in Münster Tag der mündlichen Prüfung: 19. Januar 1977

Greven, im März 1977